















Das Gas.



Das Gas

als Leucht-, Heiz- und Kraftstoff

in seinen verschiedenen Arten als Steinkohlengas, Holz- und Torfgas, Oelgas, Wassergas.

Fabrikation und Verwendung nach dem neuesten Standpunkt,

unter Berücksichtigung der

Konkurrenzverhältnisse zwischen Gas und Elektrizität.

Zum 100jährigen Jubiläum der Gasindustrie.

Herausgegeben

von

Dr. Otto Pfeiffer.

Einleitendes Vorwort von Hofrat Professor Meidinger in Karlsruhe.

Mit 2 Beiblättern und einem Atlas von 30 Tafeln, enthaltend 357 Abbildungen.

Weimar, 1896.
Bernhard Friedrich Voigt.



Das Gas.



Das Gas

als Leucht-, Heiz- und Kraftstoff

in seinen verschiedenen Arten als Steinkohlengas, Holz- und Torfgas, Oelgas, Wassergas.

Fabrikation und Verwendung nach dem neuesten Standpunkt,

unter Berücksichtigung der

Konkurrenzverhältnisse zwischen Gas und Elektrizität.

Zum 100jährigen Jubiläum der Gasindustrie.

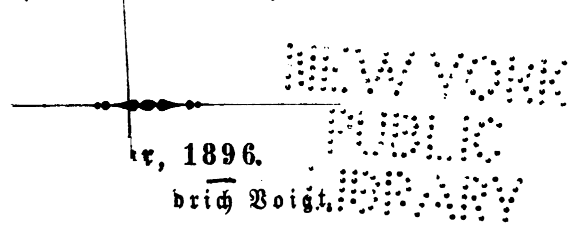
Herausgegeben

von

Dr. Otto Pfeiffer.

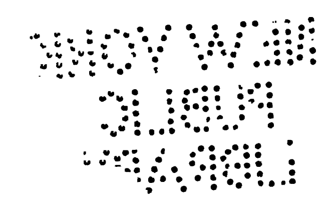
Einleitendes Vorwort von Hofrat Professor Meidinger in Karlsruhe.

Mit 2 Beiblättern und einem Atlas von 30 Tafeln,
enthaltend 357 Abbildungen.



...r, 1896.

...drich Voigt.



Vorwort.

Das vorliegende Werk verdankt seine Entstehung einer Anregung des Herrn Verlegers bei dem Unterzeichneten. Unsere Litteratur ist reich an lehrreichen Abhandlungen über brennbares Gas, seine Erzeugung und Verwendung; in dem Handbuch für Steinkohlengasfabrikation von Schilling besitzen wir ein gründliches, dem Produzenten geradezu unentbehrliches Werk über den bei weitem wichtigsten Teil des Gebietes, auch andere Richtungen finden sich anerkennenswert bearbeitet. Es fehlt uns jedoch eine Uebersicht über das Ganze, über Leuchtgas in seinen verschiedenen Formen, über Heizgas als solches, zugleich mit einer reinwissenschaftlichen, physikalischen wie chemischen Einleitung über Gas im allgemeinen im Hinblick auf seinen Aggregatzustand und die Formen, in welchen es uns bekannt ist, — eine Schrift, welche durch mäßigen Preis der Allgemeinheit zugänglich ist, in der Jedermann alles ihn bezüglich Interessierende behandelt findet und welche die Grundlage für das Studium des sich weiter ausbildenden Praktikers bildet. Der Herr Verleger ersuchte den Unterzeichneten, ihm einen Autor für ein solches Werk zu empfehlen. Spezialisten des Gebietes gibt es wohl immer nur nach einer bestimmten Richtung unter den Praktikern, welche sich dann wohl auch in das ihnen ferner Liegende einarbeiten könnten, die aber durch den Beruf so in Anspruch genommen sind, daß ihnen nach des Tages Mühen keine Muße zu gründlichen schriftlichen Bearbeitungen bleibt. Anfragen bei Solchen konnten nur negativen Erfolg haben. Nach mehrfacher Rücksprache mit Herrn Dr. Pfeiffer glaubte ich ihn für die Abfassung des Werkes Herrn Voigt bezeichnen zu sollen. Herr Dr. Pfeiffer ist seiner Bildung nach Chemiker, von welchem Beruf gegenwärtig die meisten Fortschritte auf dem Gebiete der Gasindustrie ausgehen; er ist seit 6 Jahren mein Assistent und Mitarbeiter an der von mir redigierten Badischen Gewerbezeitung. Als solcher hatte er Gelegenheit, sich im schriftlichen Ausdruck zu üben, seine Erfahrungen nach den verschiedensten Richtungen hin zu bereichern und seine wissenschaftlichen Kenntnisse zu vertiefen. Auch hatte es nicht an Versuchen über Gas im Hinblick auf Leucht- und Heizwesen im Laboratorium gefehlt. Er durfte sich wohl als befähigt für die Aufgabe ansehen, ginnen ihm auch die Erfahrungen des Praktikers von Beruf ab. Im üb [illegible] ite und konnte ihm mit Rat im wissenschaftliche [illegible] anstalten

konnten ihn durch eigene Anschauung weiter in seiner Aufgabe fördern. Es liegt das Werk als Frucht mehrjähriger Arbeit, angestrengten litterarischen Studiums jetzt vor. Ich habe es ganz durchgesehen, an einzelnes bessernde Hand gelegt. Ich glaube das Werk als ein sehr gutes bezeichnen zu dürfen, das einem großen Leserkreise willkommen sein wird. Wissenschaftliche Irrtümer enthält es nicht, wie so manche beklagenswerte, aus den Händen von Praktikern hervorgegangene Publikation. Was das Technische anlangt, so darf es so weit als vollständig bezeichnet werden, als die Litteratur hierzu Handhaben bietet; die wichtigsten in Betracht kommenden Fachschriften wurden von dem Verfasser durchgesehen. Manches hätte vielleicht durch Besichtigung zahlreicher großer Fabriken in Deutschland, Frankreich und England vervollkommnet werden können. Dies lag jedoch nicht in der Aufgabe. Für ein Werk wie das von Schilling würden solche Vorbereitungen angezeigt erscheinen. Das Pfeiffersche Werk mußte sich in der Hauptsache mit einer kritischen Auslese des durch die Litteratur Gegebenen begnügen.

Karlsruhe, Ende Dezember 1895.

Hofrat Professor Dr. H. Meidinger.

Vorwort des Verfassers.

Ein Jahrhundert liegt hinter uns, das bedeutsamste für die Kulturentwickelung der gesamten Menschheit. Kein anderes hat eine so große Zahl von Geistesgrößen hervorgebracht, deren klassische Arbeiten auf wissenschaftlichen und technischen Gebieten unserem Zeitalter den Stempel aufgedrückt haben, wie dieses; keines hat wie dieses ein friedliches Zusammenarbeiten der Auserlesenen jedes Kulturvolkes zu gemeinsamem Fortschritte zustande gebracht, ungeachtet des nicht mehr enden wollenden Kriegslärmes der Völker gegeneinander und ihrer inneren politischen Zerwürfnisse. Die naturwissenschaftliche Erkenntnis hat Arbeitsfelder erschlossen, auf welchen ein Hin- und Herschwanken nicht möglich ist, und alles nur zur Thätigkeit nach vorwärts hindrängt; es sind ewige Wahrheiten, die sie zu tage gefördert hat, und auf deren Basis ein sicheres Aufbauen von vornherein gewährleistet ist. Unsere wichtigsten technischen Errungenschaften sind aus ihr hervorgegangen; umgekehrt hat auch die Wissenschaft aus der Technik wieder Nahrung geholt, in welchem wechselseitigen Verkehr beide Teile zusehends erstarkten und heranwuchsen.

Man könnte unser Jahrhundert mit Fug und Recht das „naturwissenschaftliche“ nennen; der praktische Erfolg hat es zum „Zeitalter des Dampfes“ gestempelt. Mit gleichem Recht kann man es das des Gases nennen; halten sich doch beide an örtlicher Verbreitung ziemlich die Wage, und wird sogar in neuerer Zeit der Maschinenbetrieb nicht nur durch Dampfkraft, sondern auch durch die treibende Wirkung des explodierenden Gases im Gang gehalten.

Auch durch Zeit und Entstehungsgeschichte sind Gasfabrikation und Dampfmaschine aufs engste miteinander verknüpft. Wir feiern den englischen Ingenieur William Murdoch als den Erfinder der ersteren, da er zuerst das (schon von anderen erkannte) Prinzip, Leuchtgas durch trockene Destillation aus Brennstoffen zu gewinnen, zur wirtschaftlichen Verwertung in die Praxis übergesetzt hatte. In der That bedurfte es eines hervorragenden Kopfes, um die zahlreichen Schwierigkeiten, welche sich der technischen Ausgestaltung der Gasfabrikation nach allen Richtungen entgegenstellten, zu überwinden. Murdoch war ganz [illegible] Er hatte zu den Experimenten der Gaserzeugung, [illegible] schon zu Zwecken von Schaustellungen [illegible] gefaßt, daß er unablässig darauf [illegible] stande

zu bringen. Das Jahr 1792 kann als dasjenige bezeichnet werden, in welchem ihm dieses Ziel geglückt ist; er hatte eine Gasbeleuchtung für sein Wohnhaus in Redruth eingerichtet, der Erfolg brachte ihm die Ueberzeugung, daß seine Erfindung für die großindustrielle Ausgestaltung reif sei. Hierfür bedurfte indessen Murdoch einen größeren Schauplatz seiner Thätigkeit. Als solcher schien ihm die Maschinenfabrik von Boulton & Watt zu Soho bei Birmingham, deren Dampfmaschinen schon damals in allen großen Fabriken Englands Eingang fanden, der geeignetste zu sein. James Watt, der gefeierte Erfinder der Dampfmaschine, mochte seinerseits die geistige Verwandtschaft fühlen, die ihn mit Murdoch verband; suchte er diesen doch gleichzeitig auf, um ihn für sich zu gewinnen, nachdem er von einem von Murdoch konstruierten Dampfwagen Kenntnis erlangt hatte. Wir sehen dann Murdoch nach Soho übersiedeln; dort beleuchtet er im Jahre 1798 die ganze Fabrik mit Gas. Es bedurfte zwar noch mehrerer Jahre fortwährender Verbesserungen, um die Gasfabrikation lebensfähig zu gestalten, doch lassen sich ihre Anfänge in das letzte Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts zurückdatieren, denn von der Wattschen Fabrik aus fand sie bald größere Verbreitung, indem diese nunmehr neben ihren Dampfmaschinen auch die Einrichtung von Gasbetrieben für einzelne Fabriken der Großindustrie in England übernahm.

Es würde hier zu weit führen, die fernere Entwickelung der Gasindustrie darzulegen; eine lehrreiche Geschichte derselben gab Knapp im Jahrgang 1859 des „Journals für Gasbeleuchtung". Hier genügt es, darauf hingewiesen zu haben, daß mit gegenwärtigem Jahrzehnt die Gasbeleuchtung ihr hundertjähriges Bestehen vollendet, und sei damit der Name ihres Begründers in die ihm gebührende ehrende Erinnerung gebracht.

Bis hierher war zunächst nur die Rede von der Steinkohlengas-Beleuchtung. Diese ist bis auf den heutigen Tag in Europa die wichtigste geblieben, sie hat fortwährend an technischer Ausbildung und örtlicher Verbreitung zugenommen. Daneben sind Fabrikationsmethoden aufgetaucht, um Gas aus anderen Brennstoffen als Steinkohle zu bereiten: aus Pflanzenöl, aus Braunkohlen, aus Torf, aus Holz. Sie hatten auf vorübergehende Zeit gleichfalls ihre wirtschaftliche Berechtigung; bis auf das Holzgas gehören sie nunmehr der Vergangenheit an und haben für uns nur noch historisches und wissenschaftliches Interesse behalten. Die Holzgasfabrikation hat in waldreichen Gebirgsgegenden, die mit dem großen Eisenbahnnetz außer Verbindung stehen oder den Kohlengebieten sehr fern liegen, bis heute sich erhalten können; allerdings treffen die erwähnten Bedingungen an Gas bedürftigen Plätzen nur selten mehr zu und ist daher diese Fabrikationsart auf ein spärliches Vorkommen zusammengeschrumpft. Die einzige Holzgasfabrik Deutschlands besteht noch in Reichenhall. Immerhin bietet auch die Bereitung des Holzgases für die gesamte übrige Gasindustrie viel Belehrendes im Hinblick auf ihre technische Entwickelung.

Wichtig ist die Herstellung von Gas aus Mineralöl geworden (Oelgas). Hat dieselbe auch nicht im allgemeinen zu so großen Unternehmungen Anlaß gegeben wie die Einrichtung der Steinkohlengas-Beleuchtung, so blieb ihr doch ein weites Gebiet offen, auf welchem sie sich, wenn auch nur im Umfange bescheidenerer Betriebe, konkurrenzlos Eingang verschaffen konnte. Die Oelgasanlagen mit ihrer einfachen Einrichtung und Betriebsart sind überall am Platze, wo anderes Gas nicht vorhanden ist und nur kleinere Gebiete —

einzelne Häuserkomplexe, Fabriken, Heilanstalten ꝛc. — mit Gas versorgt werden sollen.

Einen völligen Umschwung im Beleuchtungswesen schien das jüngste Glied der Gasbereitung, die Fabrikation des Wassergases, hervorbringen zu wollen; und in der That hat sie auch in Amerika, woselbst sie zuerst in Aufnahme gekommen ist, das gewöhnliche Leuchtgas großenteils verdrängt. Bei uns finden sich nicht dieselben günstigen Bedingungen für ihren Bestand wie dort, da uns das billige Karburationsmittel (Petroleumdestillate) fehlt, um ihm Leuchtkraft zu erteilen; doch hat sie auch hier in den letzten Jahren einige Fortschritte zu verzeichnen, und es existiert eine „Europäische Wassergasgesellschaft" (Sitz in Barmen), welche bereits an mehreren Orten Anlagen aufgestellt hat. Gerade in neuester Zeit richtet sich die Aufmerksamkeit der Fachleute in erhöhtem Grade auf diese interessante Fabrikationsweise, nachdem es gelungen ist, den Auerbrenner für das an sich nicht leuchtende Wassergas nutzbar zu machen.

Nicht vergessen wollen wir das erst in dem letzten Jahr aufgekommene Verfahren zur technischen Gewinnung des Acetylengases bezw. des zu seiner Entwickelung dienenden Calciumcarbids durch den elektrischen Strom. Es ist möglich, daß gerade diese Gasart das uns fehlende Karburationsmittel für Wassergas wie auch für lichtschwaches Steinkohlengas dereinst abgibt, wofür es sich im Augenblick seines hohen Preises wegen noch nicht geeignet zeigt.

Wir sehen aus vorstehendem, daß das Gebiet der Gasbeleuchtung im Verlaufe seines hundertjährigen Bestandes nach den verschiedensten Richtungen hin sich erweitert hat. Der gegenwärtige Zeitpunkt fordert geradezu heraus, das gesamte Gebiet in einem Werke zur Darstellung zu bringen, in welchem der Zusammenhang, die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Teile des Gasbeleuchtungswesens klar zur Anschauung gelangen. Wohl ergaben sich mir einige Bedenken, bevor ich mich entschloß, an die Lösung einer so schwierigen Aufgabe heranzutreten. Doch verbanden sich glückliche Umstände, welche mich das Vorhaben als ein weniger gewagtes Unterfangen erscheinen ließen: meine Stellung in einem Amte, das zu litterarischen Arbeiten Raum ließ, an der Seite einer Autorität im Heizungswesen, meines hochverehrten Vorstandes und Lehrers Hofrat Meidinger, der mir seine Mithilfe durch Rat und Belehrung im voraus zugesagt hatte, sodann die Verbindung der Anstalt, an welcher ich thätig bin (Großherzogl. Badische Landesgewerbehalle), mit einer umfassenden technologischen Bibliothek, die mir zur ausgiebigen Benutzung offen stand.

Der vorhandenen Litteratur des Gasbeleuchtungswesens sei hier mit wenigen Worten gedacht. Am vollkommensten mit einschlägigen Schriften versehen ist, ihrer Bedeutung entsprechend, die Steinkohlgas-Industrie, und kommt dem der günstige Umstand zu Hilfe, daß die letztere aus ihren Errungenschaften kein Geheimnis zu machen braucht, da die Gasanstalten konkurrenzlos dastehen. Die erste, alle Neuerungen auf dem Gebiete sofort zur Kenntnis bringende Zeitschrift besitzen wir in dem von Schilling gegründeten, von Bunte weitergeführten „Journal für Gasbeleuchtung" (seit 1858). Geradezu unentbehrlich für die Gasfabriken ist „Schillings Handbuch für Steinkohlengas-Beleuchtung" (3. Auflage 1879 mit Atlas). Ueber andere Leuchtgasarten haben wir die Bücher „Reißig, Handb[illegible] und Torfgas-Beleuchtung" (1863) und „Küchler, Hand[illegible]-Beleuchtung" (1878). Die gesamte hier genannt[illegible]ag von Oldenbourg in

München erschienen. Sie hat dem vorliegenden Werke vielfach zur Unt
gedient; außerdem wurden namentlich noch herbeigezogen: „Bolley
leuchtungswesen", „Stegmann, Gasöfen und Gasfeuerung", „Din
polytechnisches Journal", „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingeni
„Wagners chemische Technologie" und viele andere Werke, in welche
zerstreute Angaben über einzelne Abschnitte der Gasbereitung vorfinden.

Das mannigfaltige zerstreute Material zu sichten erschien mir,
der Schaffung einer völlig originalen Grundlage für das Werk, als die
nehmste Aufgabe bei der Abfassung des letzteren. Die vorhandenen vo
lichen Spezialwerke soll es keinesfalls ersetzen; seine Bestimmung ist
andere. Es ist nicht sowohl für den Steinkohlengas-Fachmann, als fü
Freund des Gases überhaupt geschrieben, für den Fabrikanten von Gasappa
für den Gas-Installateur, für den Gas-Konsumenten. Es soll ein Han
sein über die verschiedensten Zweige der Gasindustrie und soll auch das
hältnis dieser zur Elektrizität, der jüngeren Schwester, zur klaren Anscha
bringen, wofür ein besonderer Abschnitt gewidmet ist. Der kleineren S
gemeinde, die heute noch unschlüssig vor der Frage einer Centrale fü
leuchtung, Heizung und Kraftversorgung steht, soll das Werk eine besti
Entscheidung erleichtern helfen.

So möge denn das Buch hingenommen werden als ein ergänz
Zuwachs zu der bisher vorhandenen Litteratur, als ein Gedenkstein
hundertjährigen Jubiläum der Gasbeleuchtung!

Zum Schlusse erübrigt mir noch, mich des tiefgefühltesten Danke
entledigen, den ich meinem hochverehrten Lehrer und Meister Herrn H
Meidinger schuldig bin für die mir und meinen Arbeiten stets bereit
gewährte Unterstützung durch seine auf die Erfahrung fast eines Men
alters gestützten Ratschläge und eine kritische Prüfung des Geschaffenen
mir die Beruhigung verleiht, auch von anderer berufener Seite billiger
urteilung teilhaftig zu werden.

Karlsruhe, Neujahr 1896.

Dr. Otto Pfeiffer.

Inhaltsverzeichnis.

C) Oelgas.

D) Waſſergas.

2. Die Verteilung des Gaſes.

Seite

3. Apparate zum Verbrauch des Gases.

Konkurrenzverhältnisse zwischen Gas und Elektrizität.

I.

Physikalisch-chemischer Teil.



Physikalische Beschaffenheit der Gase.

Begriff des Gases. Sämtliche wägbaren Stoffe, welche unter den gewöhnlich herrschenden Temperaturen und Druckverhältnissen unserer atmosphärischen Luft weder einen festen noch einen flüssigen Zustand annehmen, pflegt man, vom Standpunkte der wissenschaftlichen Auffassung ausgehend, unter dem Begriff der „Gase“ zusammenzufassen. Zu diesen Körpern zählen beispielsweise der Sauerstoff und der Stickstoff, also auch das Gemisch von beiden, welches der Hauptsache nach die Luft ausmacht, die wir einatmen.

Der gasförmige Zustand spricht sich aus durch den höchsten Grad der Beweglichkeit der Massenteile, ferner durch eine lebhafte Vibration der kleinsten Teile (Moleküle), infolge deren letztere ganz aus dem Bereich der gegenseitigen Anziehung (Kohäsion) gerückt sind, fortwährend aufeinander stoßen, wodurch sie einen Druck (Spannung, Spannkraft, Expansivkraft) gegeneinander ausüben. Als Wirkung dieses Druckes erscheint das Bestreben der Gase, in jedem mit festen oder flüssigen Körpern nicht erfüllten Raum sich gleichmäßig zu verbreiten, einen Druck auf die Wände eines geschlossenen Gefäßes nach allen Richtungen auszuüben, der jedoch infolge des Gewichtes des Gases von oben nach unten in sehr geringem Grade zunimmt, und sich im Freien in der Atmosphäre vollständig zu verteilen. In dem Druck, welchen sie auf die Wandungen eines geschlossenen Gefäßes ausüben, wird ihre Spannung immer gemessen. Wie die Gase ausdehnbar sind, so sind sie umgekehrt auch zusammendrückbar, wenn der geschlossene Raum, in dem sie sich befinden, ein nachgiebiges Wandstück besitzt, auf welches von außen ein stärkerer mechanischer Druck ausgeübt wird, als sie selbst inneren Moleculardruck besitzen.

Die Flüssigkeiten zeigen auch Beweglichkeit ihrer Massenteile, jedoch in viel geringerem Grade. Ihre Moleküle, wenn auch vibrierend, sind doch so nahe aneinander gerückt, daß ihre wechselseitige Anziehung die Abstoßung überwiegt. Bei den Flüssigkeiten, die (leicht) verdampfen können, ist jedoch noch ein äußerer [illegible] in dem Gleichgewichtszustand zu erhalten; fehl[illegible] [illegible]ßung durch die Vibration und es tritt [illegible] wie sie nicht ausdehnbar sind,

sind auch nicht zusammendrückbar; der Druck, den sie auf eine Gefäßwand, auch seitlich, ausüben, ist stets der ihres Gewichtes, welcher gleichmäßig von dem Spiegel nach unten zunimmt.

Bei den festen Körpern fällt auch jede Beweglichkeit der Massenteilchen weg. Die Kohäsion überwiegt die Wirkung der Vibration in dem Grade, daß eine Verschiebbarkeit der Teile unmöglich ist und damit nur ein Gewichtsdruck auf die Unterlage, aber kein Seitendruck ausgeübt werden kann.

Spezifisches Gewicht. Die Gase sind schwer, d. h. sie besitzen Gewicht, wie auch die festen und flüssigen Körper; nur ist ihr spezifisches Gewicht, d. h. das Gewicht eines bestimmten Raumes, außerordentlich klein gegenüber denjenigen gleicher Räume fester und flüssiger Körper. Das Gewicht von 1 cbdcm (1 l) Wasser von 4° C. ist 1 kg; das Gewicht von 1 cbdcm Luft (bei 0° und mittlerem Barometerstand) ist 1,295 g, oder bloß $^1/_{772}$ soviel. Das Gewicht von 1 cbm Luft ergibt sich hiernach zu 1,295 kg.

Luftdruck. In kommunizierenden Röhren halten sich Flüssigkeiten das Gleichgewicht, wenn ihre Höhen sich umgekehrt verhalten, wie ihre spezifischen Gewichte. Einer Wassersäule von 1 m entspricht eine Quecksilbersäule von 74 mm. Wäre die Luft nicht zusammendrückbar, so würde einer Wassersäule von 1 m Höhe durch eine Luftsäule von 772 m Höhe das Gleichgewicht gehalten werden. Der Atmosphärendruck, welcher das Wasser 10,3 m in die Höhe treibt, würde somit durch eine Lufthöhe von 772 × 10,3 = 7952 m Höhe gebildet sein; da die Luft aber ausdehnsam ist, gehen ihre Teile in der Höhe, wo der Druck abnimmt, immer mehr auseinander bis zur unendlichen Verdünnung und ihre wirkliche Grenze läßt sich nicht scharf bestimmen; sie beträgt jedoch mehr als 10 deutsche Meilen.

Der Grund, warum die Luft bei ihrer Expansivkraft sich nicht von der Erde entfernt, liegt in der Schwere, in der wechselseitigen Anziehung, welche alles Materielle, somit auch die Masse der festen und flüssigen Erde und die Luft aufeinander ausüben. Je nachdem die Luft durch die Wirkung der Sonnenwärme, die Wasserverdunstung des Meeres und durch den Wind mehr oder weniger hoch ist, ist der Druck, welchen sie auf den Erdboden ausübt, ein verschieden großer und wird sie mehr oder weniger dicht und zusammengepreßt sein. Unter denselben Zustand der Pressung gelangen dann auch andere Gase, welche man in Verbindung mit der Luft untersucht oder bestimmt. Es muß deshalb jedesmal bei einem Gase, sofern seine Dichtigkeit bezeichnet werden soll, der Atmosphärendruck angegeben werden, sowie auch die Temperatur, wovon sofort die Rede sein wird. Die Größe des Atmosphärendruckes wird in der Regel nicht in einer Wassersäule angegeben, sondern in der kleineren Quecksilbersäule, auf welche sich unsere gewöhnlichen Barometer gründen. Der mittlere Barometerstand am Meere beträgt 760 mm und ist dies derjenige Druck, auf welchen die Dichtigkeit der Gase stets bezogen wird.

Mariottes Gesetz. Ganz im Verhältnisse der Dichtigkeit des Gases ändert sich der Druck, welchen das Gas ausübt. Das sogenannte Mariottesche Gesetz besagt: „Volumen und Druck der Gase sind sich umgekehrt proportional“; d. h. dem doppelten Volum einer bestimmten Gewichtsmenge entspricht der halbe Druck, dem doppelten Druck das halbe Volum 2c.

Das Volumen V eines bei dem Druck $p_{,}$ gemessenen Volumens $V_{,}$ wird bei dem Druck $p_{,,}$ sein

$$\text{I.}\quad V = V_{,}\frac{p_{,}}{p_{,,}}.$$

Verdichtung der Gase. Werden Gase bis zu einer gewissen Grenze zusammengedrückt, so gehen sie in den flüssigen Zustand über und damit folgt die Druckvermehrung nicht mehr genau dem Mariotteschen Gesetz. Die Temperatur spielt dabei eine sehr wichtige Rolle. Ammoniak wird bei $+ 29^{0}$ C. unter einem Druck von 10 Atmosphären flüssig; schwefelige Säure bei $+ 15^{0}$ und einem Druck von 2 Atmosphären. Verschiedene Gase, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd vermochte man früher nicht zu verdichten; man bezeichnete sie als „permanente Gase". Durch starke Erniedrigung der Temperatur ist es indessen gelungen, auch diese in flüssigen Zustand überzuführen; es zeigte sich dabei, daß eine gewisse Temperatur besteht, oberhalb welcher eine Verdichtung überhaupt nicht möglich ist; man nennt dieselbe die „kritische Temperatur". Bei Sauerstoff ist die kritische Temperatur z. B. $- 105^{0}$ C.; er wird unter einem Druck von 49 Atmosphären bei dieser Temperatur verflüssigt. Je niedriger die Temperatur ist, ein um so geringerer Druck ist für die Verflüssigung erforderlich; bei $- 184^{0}$ wird Sauerstoff unter einem Druck von 1 Atmosphäre flüssig. Später wird eine Tabelle folgen, in welcher die betreffenden Angaben auch für andere Gase gemacht werden.

Die Verflüssigung der Gase hat eine bedeutende gewerbliche Verwendung gefunden. Kohlensäure, schwefelige Säure, Ammoniak, Phosgengas bilden in flüssigem Zustande, in starken eisernen Ballons, einen wichtigen Handelsartikel.

Gesetz von Gay-Lussac. Durch Erwärmung wird die Vibration der Gasmoleküle außerordentlich erhöht und damit auch der Druck, welchen sie gegeneinander ausüben. Befinden sie sich in geschlossenem Raum, so vermehrt sich ihr Druck für jeden Temperaturgrad Celsius um $^{1}/_{273}$ oder 0,003665 ihres Druckes bei 0^{0}; bei 273^{0} ist ihr Druck doppelt so stark, wie bei 0^{0}. Das Gas übt somit bei der Erwärmung einen größeren Druck innen auf die Gefäßwände aus, als die äußere Atmosphäre drückt. Besitzt das Gefäß ein leicht nachgiebiges Wandstück (z. B. den Kolben einer Luftpumpe), so wird dasselbe unter dem zunehmenden Druck zurückgeschoben, so weit, bis der innere Druck dem äußeren gleich geworden ist. Das erwärmte Gas dehnt sich aus unter gleichbleibendem Druck, genau in dem zuvor angegebenen Verhältnis: für einen jeden Temperaturgrad Celsius um $^{1}/_{273} = 0{,}003665$ seines Volums bei 0^{0}; bei 273^{0} wird somit sein Volum doppelt so groß sein, wie bei 0^{0}. Ganz in dieser Weise dehnt sich die Luft aus, wenn sie im Freien erwärmt wird.

Man kommt häufig in die Lage, das Volumen V eines bei einer bestimmten Temperatur $t_{,}$ gemessenen Volumens $V_{,}$ bei einer anderen Temperatur $t_{,,}$ auszudrücken. Dafür dient alsdann die einfache Formel

$$\text{II.}\quad V = V_{,}\frac{273 + t_{,,}}{278\ \text{[illegible]}} \quad \text{[illegible]} \quad \frac{1 + 0{,}003665\,t_{,,}}{\text{[illegible]}665\,t_{,}}.$$

Die hiermit ausgedrück[illegible] und Temperatur der Gase nennt man das [illegible]

Soll bei Volumenreduktionen der Gase nicht bloß die Temperatur, sondern auch der Druck berücksichtigt werden, so gewinnt die Formel den allgemeinen Ausdruck

$$\text{III. } V = V_{,} \frac{273 + t_{,,}}{273 + t_{,}} \cdot \frac{p_{,}}{p_{,,}}$$

wobei $t_{,}$ und $p_{,}$ die beobachteten Temperaturen und Drucke angeben und $t_{,,}$ und $p_{,,}$ diejenigen, auf welche die Reduktion vorgenommen werden soll. Soll, wie bei spezifischen Gewichtsbestimmungen, ein bei der Temperatur T und dem Druck p gemessenes Gas auf 0° und 760 mm Druck reduziert werden, so ist der Ausdruck der Formel

$$V = V_{,} \frac{273}{273 + T} \cdot \frac{p}{760}.$$

Als Beispiel: 1 l Luft, bei 50° und 740 mm Druck gemessen, wird bei 0° und mittlerem Barometerstand von 760 mm den Raum einnehmen von $1 \frac{273}{273 + 50} \cdot \frac{740}{760} = 0{,}823$ l.

Die durch Formel III ausgedrückten Beziehungen zwischen Volum, Druck und Temperatur der Gase bezeichnet man als das „vereinigte Gay-Lussacsche und Mariottesche Gesetz“.

Erwärmung bei der Verdichtung, Abkühlung bei der Ausdehnung. Werden Gase im geschlossenen Raum mechanisch verdichtet, so erhöht sich ihre Temperatur beträchtlich. So steigt die Temperatur der Luft von einer Anfangstemperatur von 20° C. und 1 Atmosphäre bei Verdichtung auf 2, 3 und 4 Atmosphären je auf die Temperaturen von 85, 130 und 163° C. Umgekehrt erniedrigen sich die Temperaturen der Gase, wenn dieselben sich frei ausdehnen können, und zwar ganz in den gleichen Verhältnissen wie sie sich erhöhen bei der Verdichtung. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Luft weit unter 0° abzukühlen; man darf sie nur verdichten, dann durch gewöhnliches Wasser abkühlen, immer unter Erhaltung desselben Druckes, und nunmehr sich ausdehnen lassen. Beispielsweise geht die Temperatur der Luft von 2, 3 und 4 Atmosphären bei Ausdehnung auf 1 Atmosphäre von der Temperatur von 30° C. über Null auf die Temperaturen 25, 53 und 70° C. unter Null herunter. Es wird hiervon Anwendung gemacht zur Herstellung besonderer Formen von Kälteerzeugungs-Maschinen; besonders wird in derartig gekühlten Schiffen sehr viel Fleisch von Australien nach Europa übergeführt.

Spezifische Wärme. Die Wärme, welche erforderlich ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° C. zu erhöhen, bezeichnet man als 1 Wärmeeinheit (W. E.). Diese Wärmemenge ist innerhalb bedeutender Grenzen eine fast konstante Größe. Nimmt man 1 kg anderer Körper und erwärmt dieselben gleichfalls um 1° C., so findet man, daß der Betrag kleiner als 1 ist. Die so gefundenen Bruchzahlen nennt man die spezifische Wärme der Körper. Jeder besondere Körper hat eine andere spezifische Wärme. Bei den Gasen hängt die spezifische Wärme nicht von dem T[illegible] ab, unter welchem ein Gas bei der Erwärmung steht. Sie ist je[illegible] schieden, je nachdem das Gas bei der Erwärmung sich frei ausdeh[illegible]

wobei sein anfänglicher Druck unverändert bleibt oder je nachdem es in geschlossenem Raum erwärmt wird, wobei sein Druck entsprechend zunimmt. Man unterscheidet hiernach spezifische Wärme bei konstantem Druck und spezifische Wärme bei konstantem Volum. Die spezifische Wärme bei konstantem Druck ist größer als die bei konstantem Volum. Bei konstantem Volum dient die zugeführte Wärme lediglich dazu, die freie, mit dem Thermometer meßbare Wärme des Gases zu erhöhen. Bei konstantem Druck geht ein Teil der zugeführten Wärme verloren. Er wird zu äußerer Arbeit verwendet; er dient dazu, den Druck zurückzuschieben, unter welchem sich das Gas bei der Erwärmung befindet, im Freien also den Atmosphärendruck. Man sieht, daß dieser Mehrbetrag für alle Gase der gleiche sein wird, wenn man gleiche Volumen derselben, also gleiche Kubikmeter, erwärmt, er wird aber sehr ungleich sein, wenn man gleiche Gewichte, auf welche sich die spezifischen Wärmen beziehen, miteinander vergleicht, da die Gase sehr ungleiches spezifisches Gewicht haben, gleiche Gewichte derselben somit sehr verschieden große Räume bei gleichem Druck einnehmen; Wasserstoff z. B. einen 16mal so großen Raum als Sauerstoff.

Die folgende Tabelle gibt für einige Gase ihre spezifische Wärme bei konstantem Druck und bei konstantem Volum an, wobei also der anfängliche Druck ein ganz beliebiger sein kann, ein sehr hoher oder ein sehr niedriger. Bei den Verbrennungserscheinungen, die immer im Freien vor sich gehen, kommt selbstverständlich lediglich die spezifische Wärme bei konstantem Druck in Betracht; bei Gasexplosionen in geschlossenem Raum, insbesondere bei Gasmotoren, die spezifische Wärme bei konstantem Volum.

Die dritte Spalte gibt noch zum Vergleich die Wärmemengen an, welche erforderlich sind, um gleiche Räume der verschiedenen Gase bei gleichem und konstantem Druck um 1° C. zu erwärmen, ausgehend vom Raum von 1 kg Luft als Einheit. Die Zahlen werden erhalten, indem man die Zahlen der ersten Kolumne mit den spezifischen Gewichten der betreffenden Gase multipliziert.

Namen der Gase	Spezifische Wärme; die des Wassers = 1		Wärmemengen für gleiche Räume
	bei konst. Druck	bei konst. Volum	
Luft	0,237	1,409	0,237
Sauerstoff	0,217	1,402	0,240
Wasserstoff	3,409	1,413	0,235
Stickstoff	0,243	1,420	0,236
Kohlensäure	0,216	1,257	0,330
Kohlenoxyd	0,245	1,411	0,237
Grubengas	0,592	1,266	0,327
Aethylen	0,404	1,125	0,390
Ammoniak	0,508	1,300	0,299

Verdampfung. Viele Körper können in den drei Aggregatzuständen, im festen, flüssi[illegible] n. bestehen; so gerade der Hauptvertreter alles [illegible] Merkwürdige gerade bei diesem Körper

it, daß er bei derselben Temperatur 0° jeden dieser Zustände besitzen kann und als Gas selbst weit unter 0°, wo der flüssige Zustand nicht mehr bestehen kann. Ein bei gewöhnlicher Temperatur flüssiger Körper wird im Zustand des Gases als Dampf bezeichnet; ihn in Gas zu verwandeln, heißt ihn verdampfen; der Vorgang heißt Verdampfung. Die Stärke der Verdampfung hängt von der Temperatur ab; sie steigt, und zwar sehr schnell, mit der Temperatur. Bei niedrigen Temperaturen kann sie unmeßbar klein sein. Die Stärke der Verdampfung hängt außerdem noch von dem Druck ab, welcher auf der Flüssigkeit lastet. Je geringer der Druck, um so stärker die Verdampfung. Bei einem gewissen auf der Flüssigkeit lastenden Druck hört bei gegebener Temperatur jede Verdampfung auf. Die bei steigender Temperatur der Flüssigkeit aus ihr entwickelten Dämpfe besitzen einen immer höheren Druck. Ist ihr Druck so groß, wie der der Atmosphäre, so gerät die Flüssigkeit in aufwallende Bewegung; man sagt alsdann, sie siedet. Die Temperatur, bei welcher das Sieden stattfindet, heißt Siedepunkt. Der Siedepunkt des Wassers ist 100° Celsius (C.) oder 80° Réaumur (R.). Mit abnehmendem Luftdruck sinkt der Siedepunkt. Auf der Höhe des Montblanc, 4810 m über dem Meere, ist derselbe nur 85° C.

Latente Dampfwärme. Zur Umwandlung einer Flüssigkeit in Dampf muß eine große Wärmemenge aufgenommen werden, welche mit dem Thermometer nicht meßbar ist. Verdampft eine Flüssigkeit freiwillig, ohne Wärmezufuhr von außen, so wird die Verdampfungswärme ihrer eigenen Masse entnommen; sie kühlt sich ab. Der Vorgang ist ähnlich aufzufassen, wie derjenige der Gase bei der Ausdehnung. Die gesamte in 1 kg Wasserdampf eintretende Wärme ist ausgedrückt durch die Formel $W = 606{,}5 + 0{,}305\,t$, wo t die Temperatur des Dampfes angibt. Es ergibt sich somit, daß bei höherer Temperatur die latente Wärme etwas abnimmt; bei 100° ist die gesamte Dampfwärme 637 Wärmeeinheiten; davon kommen 100 auf die freie, mit dem Thermometer meßbare Wärme und 537 auf die latente, welche dazu gedient hat, das Wasser in den dampfförmigen Zustand überzuführen. Bei 0° ist die latente Wärme 605 Wärmeeinheiten. — Geht der Dampf in den flüssigen Zustand zurück, so wird die latente Wärme wieder vollständig frei; 1 kg Dampf von 100° vermag somit 5,37 kg Wasser von 0° bis zum Siedepunkt zu erhitzen. Der Dampf ist hiernach der Träger erheblicher Menge von Wärme und es wird hiervon in der Praxis vielfältige Anwendung gemacht, sowohl zur Erwärmung von Flüssigkeiten, wie zum Erwärmen von Luft in Rohrleitung (Dampfheizung).

Gesättigter Dampf. Ein gegebener Raum kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Gewichtsmenge Dampf von bestimmtem Druck aufnehmen; man nennt solchen Dampf „gesättigt“, was soviel heißen will, als daß er sich bei dieser Temperatur im Maximum seiner Dichtigkeit und Spannung befindet.

Auf die Sättigung ist es ohne Einfluß, ob der betreffende Raum noch andere Gase oder Dämpfe enthalte, oder nicht; ebenso, unter welchem Druck diese anderen Gase oder Dämpfe stehen. 1 cbm Luft bei 0° und irgend welchem Druck, oder auch ein leerer Raum, nimmt in runder Zahl 5 g Wasserdampf von 0° auf. Für gesättigten Wasserdampf gibt die nachstehende Tabelle die Beziehungen von Temperatur, Dichtigkeit, Druck, Gewicht von [illegible]n und Raum von 1 kg.

Temperatur	Spannkraft in mm Quecksilber	Druck in Atmosphären	Druck in m Wasser	Gewicht von 1 cbm in g	Raum von 1 kg in cbm
— 20	0,927	0,0012	0,013	1,1	909,0
— 10	2,109	0,0028	0,029	2,4	416,6
0	4,600	0,0061	0,062	4,9	204,1
+ 10	9,165	0,0121	0,135	9,3	106,5
+ 20	17,391	0,0229	0,237	17,2	58,1
+ 30	31,548	0,0415	0,428	30,1	33,2
+ 50	91,982	9,1210	1,251	119,4	8,4
+ 100	760,000	1,0000	10,336	1272,0	0,8

Wird ein Gas über Wasser aufgefangen, so sättigt sich dasselbe mit Wasserdampf. Sein Druck addiert sich zu dem des Gases; es muß dieses bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes des letzteren berücksichtigt werden.

Mit Wasserdampf bei einer bestimmten Temperatur gesättigte Luft ist nicht so schwer wie trockene Luft gleicher Spannung. Man denke 1 cbm trockene Luft von 20° in geschlossenem Gefäße; man bringe Wasser in das Gefäß; nach einiger Zeit ist das Gefäß mit gesättigtem Wasserdampf von 20° erfüllt. Der Druck hat um 17,4 mm zugenommen. Bringt man eine Oeffnung an, so entweicht eine bestimmte Menge des Gemisches, bis der innere Druck so groß ist, wie der äußere. Da aber das Gewicht des Dampfes kleiner ist, wie das der Luft gleicher Spannung, so muß die feuchte Luft ein geringeres Gewicht haben, als die trockene. Im vorliegenden Falle würde die Rechnung folgendes ergeben. Das Gewicht trockener Luft von $+20^0$ C. ist $\frac{760}{760+20} \cdot 1,293$ kg $= 1,204$ kg. Das Gewicht der fortgegangenen Luft ist $\frac{17,4}{760} \cdot 1,204 = 0,0275$ kg oder 27,5 g. Das Gewicht des Dampfes bei $+20^0$ C. ist 17,2 g; die Differenz von 10,3 g gibt das Mindergewicht von 1 cbm bei 20^0 gesättigter Luft gegen ganz trockene. Es erklärt sich hieraus auch, warum bei Regenwetter das Barometer in der Regel niedriger steht, als bei trockenem Wetter.

Wenn gesättigter Dampf bei derselben Temperatur komprimiert wird, so scheidet sich eine der Volumverminderung entsprechende Menge tropfbarförmig aus. Solchen mit starkem Nebel erfüllten Dampf nennt man naß oder feucht. Wird Dampf für sich allein erhitzt, so verhält er sich ganz wie ein permanentes Gas. Fern von seinem Sättigungspunkt wird er als trocken bezeichnet.

Diffusion. Sind Gase von verschiedenem spezifischem Gewicht miteinander in Berührung, gleichgiltig, ob der Gewichtsunterschied auf der chemischen Beschaffenheit beruht oder eine Folge verschiedener Temperaturen desselben Gases ist, so durchdringen sich dieselben an den Berührungsflächen molekular. Sie diffundieren ineinander; die Erscheinung wird als Diffusion bezeichnet. Auf diese W[illegible] stellt sich bei chemisch verschiedenen Gasen in

einem Raum sehr bald ein vollkommen gleichförmiges Gemisch her. In einem Wohnzimmer ist die Luft oben und unten stets gleich zusammengesetzt, ungeachtet der Anwesenheit von Menschen und des Brennens von Flammen, welche viel Wasserdampf und Kohlensäure liefern. Dabei kann durch die Wirkung der Flammen und eines Ofens die Temperatur unter der Decke um mehrere Grade höher sein als am Boden.

Druckverhältnisse spezifisch verschieden schwerer Gase in kommunizierenden Röhren. Zwei gleich hohe Räume, welche unten miteinander verbunden sind, seien mit Gas verschiedenen spezifischen Gewichtes gefüllt. Ganz ähnlich, wie bei Flüssigkeiten, übt der spezifisch schwerere Körper an der Basis einen Ueberdruck aus auf den spezifisch leichteren, welcher ganz im Verhältnis der Höhe der Räume steht. Unter diesem Ueberdruck wird das leichtere Gas aus dem Raum, wenn er oben offen ist, herausgetrieben. Ist der Raum oben geschlossen, so wird das leichtere Gas durch seine ganze Masse von dem schwereren zusammengedrückt; seine Spannung vermehrt sich um soviel, als der Gewichtsunterschied beträgt. Dann ist unten Gleichgewicht, an der Decke aber ist ein innerer Ueberdruck, welcher gerade dem Gewichtsunterschiede entspricht. Dieser Ueberdruck ist die Ursache, daß ein Entweichen des Gases stattfindet, wenn man an der Decke eine Oeffnung macht. Ist das schwere Gas atmosphärische Luft, so wird der Vorgang in derselben Weise hervorgerufen, wenn der Raum des leichteren Gases unten mit der freien Luft in Verbindung steht. Das leichtere Gas kann erwärmte Luft sein; der Zug in dem Schornstein erklärt sich in dieser Weise als das Hinauftreiben einer geschlossenen warmen Luftsäule durch den Ueberdruck der äußeren kälteren Luft. Auch das Aufsteigen erwärmter Luft im Freien, z. B. des Rauches, erklärt sich hieraus.

Die Größe des Ueberdruckes kalter gegen warme und wiederum der warmen Luft in einem oben geschlossenen, unten offenen Raum gegen die Decke, berechnet sich in der folgenden Weise. Der Druck einer Luftsäule von 1 m entspricht bei 0° einer Wassersäule von 1,3 mm, bei 273° einer Wassersäule von 0,65 mm. Es wird somit die Luftsäule von 1 m bei 0° gegen die ebenso hohe von 273° einen Ueberdruck ausüben von 1,3 — 0,65 = 0,65 mm Wasser. Um ebenso viel wird nun die warme Luft zusammengepreßt werden, wenn der Raum oben geschlossen ist. Während aber dadurch unten an der Oeffnung Gleichgewicht des inneren und äußeren Druckes herrscht, ist oben an der Decke ein innerer Ueberdruck von 0,65 mm Wasser. Auf den Quadratmeter macht dies aus 0,65 kg; auf 100 qm 65 kg; bei einer Höhe des Raums von 10 m 650 kg. Ganz dasselbe würde sich berechnen, wenn die warme Luft von 273° durch ein Leuchtgas von 0,5 spezifischem Gewicht ersetzt würde. Ein Leuchtgas von 0,4 spezifischem Gewicht würde den größeren Druck von 780 kg ausüben. Ist die Raumhülle, in welcher sich das Gas befindet, leichter, so wird sie von dem Gas in die Höhe gedrückt; so erklärt sich das Auffliegen des Luftballons.

Der Gasometer. Der als Gasometer bezeichnete, zum Zweck des Sammelns des Gases bestimmte Apparat der Gasfabriken, besteht aus einem oben geschlossenen unten offenen Blechcylinder (Glocke), der in einem wenig weiteren, mit Wasser gefüllten Behälter sich befindet. Das Wasser dient zur Absperrung des im Innern enthaltenen Gases gegen die äußere Luft.

)urch ein Rohr wird das aus den Retorten kommende Gas in geringer Höhe ber dem inneren Wasserspiegel in den Raum eingeführt; durch ein zweites Rohr entströmt das Gas in die äußere Leitung (innerhalb des Wasserbehälters önnte übrigens auch ein Rohr zur Zufuhr und Abfuhr des Gases dienen). euchtgas von 0,4 spezifischem Gewicht übt auf den Deckel der Glocke einen)ruck aus, der sich wie zuvor angegeben berechnet. Der Druck wird um stärker, je mehr die Glocke aus dem Wasser aufsteigt. Sollte derselbe ichter sein, so würde an der Wasseroberfläche ein geringerer als Atmosphärenruck herrschen, und das Gas nicht in die Leitung strömen können. Es muß ier unbedingt ein höherer Druck als der der äußeren Atmosphäre vorhanden in. Die Glocke muß unter allen Umständen durch ihr Gewicht stärker nach nten drücken, als das Gas, im Gleichgewicht mit der äußeren Atmosphäre, ach oben drückt. Durch das größere Gewicht der Glocke wird das Gas urch seine ganze Masse gleichmäßig zusammengedrückt und gibt sich dies adurch zu erkennen, daß das Wasser im Innern der Glocke tiefer steht, ls außen. Unter gewöhnlichen Umständen beträgt der Unterschied 80 bis 00 mm. Jedes Millimeter Wasser vermehrt den auf die Haube der Glocke ısgeübten Druck pro 1 qm um 1 kg (selbstverständlich ganz unabhängig von r Höhe der Glocke über Wasser). Der ganze auf die Decke ausgeübte)ruck entspricht also dem von ihrer Höhe über Wasser abhängigen Druck ırch die Atmosphäre plus dem durch den Wasserstand angegebenen Druck ıfolge der Zusammenpressung des Gases. Unter diesem letzten Druck entrömt das Gas in die äußere Leitung; dieser Druck gibt sich bei den)rennern aber nur in gleichem Horizont zu erkennen (abgesehen von den eibungsverlusten in der Leitung). Für jede 5 m höher oder tiefer verehrt oder vermindert sich der Druck um etwa 3 mm Wasser zufolge der Wirkung des Luftdrucks. In höheren Stockwerken wird deshalb durch den)renner mehr Gas ausströmen, als wie in tieferen. Wäre eine Gasfabrik gebirgiger Gegend auf einem Höhepunkte angelegt, so müßte im Gasoeter, um das Gas in die Tiefe zu treiben, ein stärkerer Druck angewendet erden; wegen der unvermeidlichen, mit stärkerem Druck zunehmenden Gaserluste in den Leitungen wird es immer zweckmäßig sein, in gebirgigen egenden die Gasfabrik eher in der Tiefe, als in der Höhe anzulegen.

Chemie der Gase.

Die Gase können sowohl einfache (Elemente) als zusammengesetzte Körper in. Die wichtigsten derselben, welche gerade für unsere Zwecke von Beeutung sind, da sie im Leuchtgase vorkommen, sind in der folgenden Tabelle ıfgeführt unter Angabe ihrer chemischen Formel, des Molekulargewichtes, s spezifischen Gewichtes (auf Luft bezogen), sowie des Druckes und der emperaturen, unter welchen sie verdichtet werden. Die mit * bezeichneten ahlen der letzterwähnten Angaben beziehen sich jeweils auf die kritischen emperaturen und die entsprechenden Drucke in Atmosphären.

Name des Gases	Formel	Molekulargewicht	Spezifisches Gewicht Luft = 1	Verdichtet bei			
				Temperatur °C.	Druck Atm.	Temperatur °C.	Druck Atm.
Acetylen . . .	C_2H_2	26	0,920	—	—	10	63
Aethan	C_2H_6	30	1,036	—	—	4	46
Aethylen . . .	C_2H_4	28	0,978	— 105	1	1,5*	43,5
Ammoniak . . .	NH_3	17	0,596	— 40	1	29	10
Butylen. . . .	C_4H_8	56	1,940	— 6	1	15	2
Chlor	Cl_2	71	2,450	— 40	1	15	4
Chlorwasserstoff .	ClH	36	1,260	—	—	10	40
Cyan	$(CN)_2$	52	1,806	— 25	1	0	1,5
Kohlenoxyd. . .	CO	28	0,967	— 193	1	—136	50
Kohlensäure . .	CO_2	44	1,529	— 78	1	0	36
Methan. . . .	CH_4	16	0,556	—	—	— 76	47
Phosgen . . .	$COCl_2$	99	3,400	+ 8	1	—	—
Propan	C_3H_8	44	1,520	— 17	1	—	—
Propylen . . .	C_3H_6	42	1,498	— 40	1	—	—
Sauerstoff . . .	O_2	32	1,105	— 184	1	—105*	49
Schwefelige Säure	SO_2	64	2,234	— 15	1	15	2
Schwefelwasserstoff	SH_2	34	1,192	— 74	1	15	14
Stickstoff . . .	N_2	28	0,971	— 193	1	—124*	42
Stickstoffoxydul .	N_2O	44	1,527	— 88	1	0	50
Wasserstoff . . .	H_2	2	0,069	—	—	—174	99

Aus der Zahl der oben angeführten Gase soll in nachfolgendem eine Reihe derjenigen näher im Hinblick auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften besprochen werden, welche für uns von besonderem Interesse sind; nämlich alle diejenigen, welche im gewöhnlichen Leuchtgase vorkommen. (Die gleichzeitig im Leuchtgase enthaltenen Dämpfe sind hier nicht genannt; sie werden weiter unten abgehandelt werden.)

Aethylen, C_2H_4, auch ölbildendes Gas oder Elayl genannt, besitzt die für das Leuchtgas sehr wichtige Eigenschaft, mit Luft unter intensiv leuchtender Flamme zu verbrennen; dabei wird Kohlenstoff in der Form von Ruß abgeschieden. Wiewohl es nur in kleinen Mengen (zu 4 bis 5 Prozent) im Steinkohlengas vorkommt, so hat dieses seiner Gegenwart zu großem Teil die Leuchtkraft zu verdanken. In größerer Menge kommt es im Oelgas vor. Aethylen ist farblos, von eigentümlichem ätherischem Geruch. Das Gas läßt sich bei 1° C. unter 40 Atmosphären Druck zu einer Flüssigkeit verdichten, die bei — 105° C. siedet. Es besitzt ein spezifisches Gewicht von 0,978. Im Wasser ist das Gas wenig löslich, dagegen wird es leicht von konzentrierter Schwefelsäure absorbiert. Diese Eigenschaft kommt auch den übrigen schweren Kohlenwasserstoffen zu; es beruht hierauf deren Abscheidung und Bestimmung im Leuchtgas. Das Aethylen verbrennt mit hellleuchtender, glänzender Flamme unter Abscheidung von Ruß. Unter Luftabschluß (in Röhren) auf Rotglut erhitzt zerfällt es in Sumpfgas, Wasserstoff und Kohle, welch letztere sich an den erhitzten Wandungen absetzt (Retortengraphit). Dieses Verhalten, welches überhaupt den schweren Kohlenwasserstoffen zu-

kommt, ist für die Gasbereitung von großer Wichtigkeit, indem bei zu hohen Vergasungstemperaturen wohl eine größere Menge von Gas zu erhalten ist, welches indessen geringere Leuchtkraft besitzt. — Das Aethylen entsteht bei der trockenen Destillation organischer Stoffe; außerdem erhält man es durch Erhitzen eines Gemisches von 1 Gewichtsteil Alkohol mit etwa 6 Gewichtsteilen konzentrierter Schwefelsäure auf 160 bis 170° C. Vorteilhaft setzt man dem Gemenge Sand oder Bimssteinpulver hinzu, so viel, daß die ganze Flüssigkeit davon aufgesogen wird; hierdurch kann ein lästiges Aufschäumen beim Erhitzen vermieden werden. Es entsteht hierbei ein Gemenge von Aethylen, Kohlensäure, schwefeliger Säure, Weingeist und Aether, welches man abwechselnd durch Schwefelsäure und Natronlauge hindurchleitet, um die Beimengungen von dem Aethylen abzuscheiden. Das Gas kann im Gasometer gesammelt werden. Auf die letztbeschriebene Methode hergestelltes Aethylen hat man nach Payen in Frankreich zur Aufbesserung gewöhnlichen Leuchtgases zu verwenden versucht.

Propylen, C_3H_6, ist ein farbloses Gas, welches durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann. Es besitzt ein spezifisches Gewicht von 1,498. Konzentrierte Schwefelsäure absorbiert 200 Raumteile des Gases.

Butylen, C_4H_8; von den 3 (isomeren) Formen des Körpers bei der trockenen Destillation entsteht vorwiegend das γ-Butylen (Diteryl). Das farblose Gas besitzt einen an Leuchtgas erinnernden Geruch; bei 2 bis $2^1/_2$ Atmosphären Druck läßt es sich zu einer Flüssigkeit verdichten, die bei — 6° siedet. Sein spezifisches Gewicht beträgt 1,94. Durch konzentrierte Schwefelsäure wird das Gas absorbiert.

Acetylen, C_2H_2. Das Gas ist farblos und besitzt einen stechenden widerlichen Geruch. Sein spezifisches Gewicht beträgt 0,92. Bei 1° C. und 48 Atmosphären Druck verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 0,42 (Wasser = 1). Acetylen brennt mit stark rußender, leuchtender Flamme. Es ist im Wasser ziemlich leicht löslich, indem dasselbe etwas mehr als den gleichen Raumteil des Gases verschluckt, bei gewöhnlicher Temperatur und Barometerstand. Unter Luftabschluß (in Retorten) auf die Temperatur des schmelzenden Glases erhitzt, bildet sich aus Acetylen Benzol, Styrol, Naphthalin, Reten u. s. w. Im Leuchtgas ist es in nur untergeordneter Menge vorhanden (bis zu 0,1 Prozent). Eine Bedeutung kommt dem Gase insofern zu, als es sich bei der unvollkommenen Verbrennung des Leuchtgases in größerer Menge bildet und sich dann durch seinen charakteristischen Geruch zu erkennen gibt. So tritt es auf, wenn eine brennende Gasflamme durch einen kalten Gegenstand, etwa durch ein mit Wasser gefülltes Gefäß, rasch abgekühlt wird; namentlich aber bildet es sich (in Mengen bis zu 1 Prozent) unter den Verbrennungsprodukten der zurückgeschlagenen Flamme des Bunsenbrenners, wobei dem atmosphärischen Sauerstoff ein nur beschränkter Zutritt gestattet ist. Am leichtesten läßt sich Acetylen gewinnen durch Zersetzung von Calciumcarbid mittels Wassers:

$$\underset{\text{Calciumcarbid}}{CaC_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Acetylen}}{C_2H_2} + \underset{\text{Aetzkalk.}}{Ca(OH)_2}$$

Diese Darstellung hat in neuerer Zeit dadurch Bedeutung erlangt, daß es gelungen ist, das Calciumcarbid durch Einwirkung hochgespannten elektrischen Stromes auf ein Gemisch von Kalk- und Kohlenpulver verhältnis-

mäßig billig herzustellen. Es kann aus diesen Verbrennungsprodukten abgeschieden werden, indem man dieselben mittels einer Saugvorrichtung durch eine Lösung von Kupferchlorür in Ammoniak hindurchleitet. Es bildet sich hierbei eine im Wasser unlösliche Verbindung von Acetylen mit Kupferoxydul neben Salmiak, aus welcher das Acetylen mittels Säuren leicht in reiner Form wieder abgetrennt werden kann nach der Formel:

$$\underset{\text{Acetylenkupfer}}{C_2H_2Cu_2O} + \underset{\text{Salzsäure}}{2HCl} = \underset{\text{Acetylen}}{C_2H_2} + \underset{\text{Kupferchlorür}}{Cu_2Cl_2} + \underset{\text{Wasser.}}{H_2O}$$

Das trockene Acetylenkupfer ist ein äußerst heftig explodierender Körper. Es bildet sich auch bei der Einwirkung des Acetylens auf metallisches Kupfer, weshalb Kupferröhren zu Gasleitungen nicht verwendet werden sollen. Von Schwefelsäure wird das Gas nur langsam absorbiert. — Das Acetylen wirkt auf den menschlichen Organismus wie ein Gift, indem es sich mit dem Hämoglobin des Blutes verbindet.

Methan, CH_4, das Sumpfgas oder Grubengas, ist farblos und geruchlos. Es besitzt das spezifische Gewicht 0,556. Durch hohen Druck und Kälte kann es zu einer Flüssigkeit verdichtet werden. Von Schwefelsäure wird das Gas nicht absorbiert. Es verbrennt an der Luft mit sehr wenig leuchtender Flamme von gelblicher Farbe unter Bildung von Kohlensäure und Wasser. Dabei verbraucht es die doppelte Raummenge Sauerstoff, entsprechend der den Vorgang bezeichnenden chemischen Formel:

$$\underset{\text{Methan}}{CH_4} + \underset{\text{Sauerstoff}}{2O_2} = \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Wasser.}}{2H_2O}$$

Das Gas kann leicht in reinem Zustand gewonnen werden durch Erhitzen von essigsaurem Natron mit Natronkalk, wobei nur Methan und kohlensaures Natron entstehen. Methan entsteht, wie bei der trockenen Destillation organischer Substanzen, auch bei der langsamen Verwesung der letzteren unter Luftabschluß. Es entwickelt sich daher überall da, wo organische Reste unter Wasser sich zersetzen, also in Sümpfen; des weiteren tritt das Gas auf in Kohlengruben und in Petroleumlagern. In einigen Gebieten der letzteren, wie im Kaukasus (Baku), in Pennsylvanien und im Elsaß (Pechelbronn) entströmt das Gas in großen Mengen dem Boden; es wird daselbst ohne weiteres zu Leucht- oder Heizzwecken verwendet. Für sich (unter Luftabschluß) erhitzt zeigt sich das Methan sehr beständig; es entstehen dabei nur kleine Mengen von Naphthalin.

Kohlenoxyd, CO, ist ein farbloses, geruchloses Gas, welches bei einer unter — 136° C. liegenden Temperatur und 50 Atmosphären Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden konnte, die unter gewöhnlichem Atmosphärendruck bei — 133° C. siedet. Das spezifische Gewicht des Gases beträgt 0,967. Kohlenoxyd verbrennt an der Luft mit schwach leuchtender Flamme. Der Körper ist in einer ammoniakalischen Lösung von Kupferchlorür leicht löslich; desgleichen verbindet er sich mit dem Hämoglobin des Blutes, in welcher Form das Kohlenoxyd leicht zu erkennen ist. Hierauf beruht ein äußerst empfindlicher Nachweis des Kohlenoxyds in der Luft, welcher deshalb von Wichtigkeit ist, weil der Körper auf den menschlichen Organismus als ein heftiges Gift einwirkt. Die Reindarstellung des Kohlenoxyds gelingt am einfachsten durch Erhitzen von Oxalsäure mit Schwefelsäure; es erfolgt hierbei eine Zersetzung der Oxalsäure im Sinne der Gleichung

$$\underset{\text{Oxalsäure}}{C_2H_4O_4} = \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO} + \underset{\text{Wasser.}}{H_2O}$$

Aus dem Gasgemenge kann man die Kohlensäure leicht entfernen, indem man dieselbe durch Kalilauge absorbieren läßt.

Die für die Gaserzeugung wichtigste Entstehungsart des Kohlenoxyds besteht in der Einwirkung von Wasserdampf auf stark glühende Kohlen. Bei der Leuchtgasbereitung durch trockene Destillation der Steinkohle, namentlich aber bei der sogenannten Wassergasdarstellung, von welcher weiter unten noch die Rede sein wird, ist diese Bildungsweise des Kohlenoxyds, das neben Wasserstoff auftritt, von wesentlicher Bedeutung. Der Vorgang läßt sich als in zwei Stadien verlaufend denken: erst bildet sich Kohlensäure und Wasserstoff, durch weitere Einwirkung von glühender Kohle auf Kohlensäure wird sodann diese zu Kohlenoxyd reduziert. Den beiden Vorgängen entsprechen die chemischen Gleichungen:

$$\text{I.}\quad \underset{\text{Kohlenstoff}}{C} + \underset{\text{Wasserdampf}}{2H_2O} = \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Wasserstoff}}{2H_2}$$

$$\text{II.}\quad \underset{\text{Kohlenstoff}}{C} + \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} = \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{2CO}$$

Kohlenoxyd bildet sich auch unmittelbar, wenn Kohlensäure über stark glühende Kohle geleitet wird (im Sinne der letzten chemischen Formel); jedoch nicht, wenn die Kohle bloß in schwacher Rotglut sich befindet. Die Begründung dieses Gegensatzes wird später erfolgen. So erklärt sich auch, daß durch geringe Mengen Kohlensäure in dem Leuchtgas dasselbe entleuchtet wird; die Temperatur in der Flamme ist hier immer genügend, damit die Kohlensäure den aus den schweren Kohlenwasserstoffen sich ausscheidenden Kohlenstoff sofort aufnehme und sich zu Kohlenoxyd umbilde.

Wasserstoff, H_2, ist der leichteste aller Körper. Das Gas besitzt das spezifische Gewicht 0,0693, es ist demnach 14,4 mal leichter als die Luft. Vor wenigen Jahren ist es gelungen, das Wasserstoffgas zu einer Flüssigkeit zu verdichten; es ist hierzu eine Temperaturerniedrigung auf — 174° C. und ein Druck von 99 Atmosphären erforderlich. Die hauptsächlichsten Entstehungsarten des Wasserstoffs, insbesondere diejenige bei der trockenen Destillation organischer Stoffe (Entgasung), sind schon weiter oben genannt worden. Das bei der Besprechung des Kohlenoxyds erwähnte Gasgemenge von Kohlenoxyd und Wasserstoff, welches sich durch Ueberleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen bildet, wird technisch in großem Maßstabe dargestellt und findet als „Wassergas" zu Leucht- und namentlich zu Heizzwecken vielfache Verwendung. Diese Bildungsweise von Gas ist uns auch insofern von hohem Interesse, als der Brennstoff (Koks, Anthracit) sich vollständig an der Gasbildung beteiligt, und nicht nur ein Teil desselben, wie bei der Entgasung der Brennstoffe. Man spricht daher auch hier von „Vergasung".

Zufolge seiner Leichtigkeit und Beweglichkeit kommt dem Wasserstoff, in höherem Grade wie allen anderen Gasen, die Eigenschaft zu, durch anscheinend dichte Körper, tierische und pflanzliche Gewebe, auch Kautschuk, und selbst durch Metallwände hindurch, sofern sie sich in glühendem Zustand befinden, hindurchzudringen. An der Luft verbrennt das Gas mit fast lichtloser Flamme zu Wasser; es vereinigen sich hierbei jeweils zwei Raumteile

Wasserstoff mit einem Teil Sauerstoff. Man hat zuerst mit den beiden Gasarten Wasserstoff und Sauerstoff die Beobachtung gemacht, daß sie, in den richtigen Raumverhältnissen zusammengemengt, bei der Entzündung äußerst heftig explodieren (Knallgas). Leitet man die Verbrennung indessen so, daß die beiden Gase mittels getrennter Leitungen zusammengeführt und erst an der Stelle, wo sie sich treffen, entzündet werden, so entsteht hier eine bleibende Flamme von der höchsten Temperatur, die durch irgend welche Verbrennung erreichbar ist, und welche daher mancherlei gewerbliche Verwendung findet (Knallgasgebläse). So wird es gebraucht zum Schmelzen des Platins und zum Aufeinanderlöten von Bleiplatten, wie dies in der chemischen Industrie häufig verlangt wird. Richtet man die Spitze einer Knallgasflamme gegen einen Kegel aus gebranntem Kalk, so gerät dieser in lebhafte Glut und strahlt ein äußerst intensives weißes Licht aus, welches reich ist an chemisch wirksamen Strahlen und daher in der Photographie Verwendung findet (Drumondsches Kalklicht). Der Wasserstoff wird zu dem Zwecke in der Regel durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Zink entwickelt. Meist verwendet man für das Knallgasgebläse an Stelle reinen Sauerstoffs atmosphärische Luft; dem kleineren Sauerstoffgehalt desselben entsprechend ist dann ein viel größeres Volumen erforderlich, als bei reinem Sauerstoff, und es ist auch selbstverständlich durch die Gegenwart des indifferenten und verdünnend wirkenden Stickstoff die Temperaturhöhe der Flamme, welche erreicht wird, eine viel geringere. — (Wie Wasserstoff bilden alle anderen brennbaren Gase, auch als Gemische, wie im Leuchtgas, mit geeignetem Sauerstoff- oder Luftzusatz Knallgas. Die Mischungsverhältnisse ändern sich nach der Natur des betreffenden Gases; wovon in einem späteren Abschnitt noch eingehender die Rede sein wird.)

Als das leichteste aller Gase empfiehlt sich der Wasserstoff zum Füllen von Luftballons; dieses Gas besitzt ein 6 bis 10 mal geringeres Gewicht wie Leuchtgas. Wenn dennoch das letztere ersteres in der Verwendung zu dem gedachten Zwecke verdrängt hat, so liegt dies an dem bei weitem geringeren Preise des Steinkohlengases.

Ammoniak, NH_3, ist ein farbloses Gas von stechendem Geruch. Es besitzt das spezifische Gewicht 0,596. Das Gas verdichtet sich unter gewöhnlichem Drucke bei Abkühlung von auf — 40° C. oder unter 10 Atmosphären Druck bei + 29° C. zu einer farblosen, leichtbeweglichen Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 0,613, welche bei — 80° fest wird. Das Ammoniakgas wird vom Wasser äußerst begierig aufgenommen; das Wasser absorbiert bei 0° C. etwa die 1000fache, bei 15° C. die 730fache Raummenge des Gases. Die wässerige Lösung, welche den Geruch und die chemischen Eigenschaften des Gases besitzt, wird als Salmiakgeist bezeichnet. Ihr spezifisches Gewicht bei 14° C. ändert sich mit dem Ammoniakgehalt nach den folgenden Verhältnissen:

Spezifisches Gewicht	NH_3 in Gewichtsprozent	Spezifisches Gewicht	NH_3 in Gewichtsprozent	Spezifisches Gewicht	NH_3 in Gewichtsprozent	Spezifisches Gewicht	NH_3 in Gewichtsprozent
0,8844	36	0,9052	27	0,9314	18	0,9631	9
0,8846	35	0,9078	26	0,9347	17	0,9670	8
0,8885	34	0,9106	25	0,9380	16	0,9709	7
0,8907	33	0,9133	24	0,9414	15	0,9749	6
0,8929	32	0,9162	23	0,9449	14	0,9790	5
0,8953	31	0,9191	22	0,9484	13	0,9831	4
0,8976	30	0,9221	21	0,9520	12	0,9873	3
0,9001	29	0,9251	20	0,9556	11	0,9915	2
0,9026	28	0,9283	19	0,9593	10	0,9959	1

Durch Erhitzen der Ammoniaklösung wird aus dieser wieder sämtliches Ammoniak ausgetrieben.

Das Ammoniakgas verbrennt unmittelbar mit reinem Sauerstoff (oder, mit anderen brennbaren Gasen vermengt, an der Luft) unter Bildung einer gelblichen Flamme; es entsteht hierbei hauptsächlich Stickstoff und Wasser, daneben aber auch salpetrigsaures Ammonium und Stickstoffoxyd, welch letzteres infolge seiner oxydreichen Eigenschaften die Metalle stark angreift; diese Wirkung macht die möglichst vollständige Entfernung des Ammoniaks aus dem Leuchtgas erforderlich. Es ist im rohen Leuchtgas enthalten in Mengen bis zu 0,7 Prozent, welche Zahl bei der Reinigung des Gases auf 0,002 zurückgeht.

Das Ammoniak besitzt basische Eigenschaften, d. h. es bläut rotes Lackmuspapier und vermag sich mit Säuren zu Salzen zu verbinden. Aus diesen Salzen wird Gas wieder abgeschieden durch Erhitzen mit Kalk, und beruht hierauf seine Reindarstellung wie auch seine Gewinnung aus dem Gaswasser, in welchem es sich hauptsächlich in der Form des kohlensauren Salzes vorfindet. Andererseits wird die wässerige Ammoniaklösung in der Gastechnik wieder verwendet, um die Entfernung der Kohlensäure aus dem Leuchtgas durch Absorption zu bewirken. — Namentlich aber findet das Ammoniak technische Verwendung zur Bereitung des künstlichen Eises, der Soda (Ammoniaksoda) und der Ammoniaksalze, welche als Kunstdünger von hoher Bedeutung für die Landwirtschaft geworden sind.

Schwefelwasserstoff, H_2S, ist ein farbloses Gas vom Geruch der faulen Eier. Das spezifische Gewicht des Gases beträgt 1,192. Bei — 74° C. oder unter 14 Atmosphären Druck bei mittlerer Temperatur verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit, die bei — 85° C. zu einer Kristallmasse erstarrt. In Wasser ist das Gas löslich mit seiner 3 bis 4fachen Raummenge; die Lösung (Schwefelwasserstoff-Wasser) besitzt den Geruch und die chemischen Eigenschaften des Gases. Der Schwefelwasserstoff verhält sich wie eine Säure, indem er blaues Lackmuspapier rötet und mit Basen salzartige Verbindungen eingeht. Auf letzterer Eigenschaft des Schwefelwasserstoffs beruhen die Methoden seiner Entfernung aus dem Leuchtgas, indem man das Gas mit gebranntem Kalk oder mit der durch Mischung von Eisenvitriol, Kalk und Sägemehl hergestellten Lamingschen Masse oder direkt mit Eisenoxydhydrat, welches den wirksamen Bestandteil der letzteren bildet, in Berührung bringt.

Das Schwefelwasserstoffgas verbrennt an der Luft mit der blauen Flamme des brennenden Schwefels, indem sich Wasser und schweflige Säure bilden, nach der Formel:

$$H_2S + 3O = SO_2 + H_2O$$

Schwefelwasserstoff Sauerstoff Schweflige Säure Wasser.

Sowohl der Schwefelwasserstoff wie auch dessen Verbrennungsprodukt, die schweflige Säure, machen die vollkommene Entfernung des Körpers aus dem Leuchtgas, in welchem es bis zu 1 Prozent enthalten sein kann, je nach Schwefelgehalt der Kohlen, zur Bedingung; es kann die letztere mittels der heutigen Methoden der Gasreinigung ohne erhebliche Schwierigkeit erfüllt werden. Der Schwefelwasserstoff wirkt auf den menschlichen Organismus als ein starkes Gift und ist schon in kleiner Menge mit viel Luft vermengt der Gesundheit schädlich; auch z. B. [illegible] wird ein Individuum durch häufiges Einatmen des Gases auch gegen sehr geringe Mengen desselben empfindlich, die sich bei normalen Verhältnissen durch den Geruch nicht mehr wahrnehmen lassen.

Die schweflige Säure, als Verbrennungsprodukt des Schwefelwasserstoffs, wirkt auf die Gesundheit weniger schädlich ein als belästigend gegenüber den Atmungsorganen, da sie den erstickenden Geruch des brennenden Schwefels besitzt. Dann aber auch zerstört sie viele natürliche und künstliche organische Farbstoffe (Bleichwirkung) und greift stark die Metalle an, indem sie entweder mit diesen unmittelbar schwefligsaure Salze bildet, oder indem sie erst bei Gegenwart atmosphärischer Feuchtigkeit und des Sauerstoffs sich zu Schwefelsäure oxydiert.

Kohlensäure, CO_2. Farblos, von schwach saurem Geschmack und Geruch, ist dieser Körper das schwerste der hier in Betracht kommenden Gase; sein spezifisches Gewicht beträgt 1,529; 1 cbm des Gases wiegt annähernd 2 kg. Die Kohlensäure läßt sich bei 0° C. unter 36 Atmosphären Druck zu einer beweglichen, farblosen Flüssigkeit verdichten vom spezifischen Gewicht 0,94. Dieselbe siedet bei — 78° C. unter gewöhnlichem Luftdruck. Bei der freiwilligen Verdunstung der flüssigen Kohlensäure an der Luft entzieht dieselbe der Umgebung und namentlich der Flüssigkeit selbst so viele Wärme, daß die Kohlensäure dabei zu einer weißen kristallinischen Masse vom Aussehen des Schnees erstarrt. Wird die feste Kohlensäure mit Aether vermengt und unter der Luftpumpe zur Verdunstung gebracht, so sinkt die Temperatur des Gemisches auf — 110° C. Die Kohlensäure ist in Wasser zu etwa gleichen Raummengen löslich. Sie rötet, als eine Säure, blaues Lackmuspapier bei Gegenwart von Wasser. Mit Basen bildet die Kohlensäure als Karbonate bezeichnete salzartige Verbindungen, deren wichtigste der Kalkstein ist. Aus diesen Verbindungen kann das Gas durch Einwirkung verdünnter Mineralsäuren leicht wieder abgeschieden und in reiner Form gewonnen werden. Bei Gelegenheit der Besprechung des Ammoniaks ist schon angedeutet worden, daß dieses in der Gastechnik zur Bindung und Entfernung der Kohlensäure aus dem Leuchtgas verwendet werde. Eine ähnliche Wirkung, welche gleichfalls auf der Verbindungsfähigkeit der Kohlensäure mit einer Base beruht, sucht man in gewissen Fällen dadurch zu erzielen, daß man das kohlensäurereiche Rohgas über gelöschten Kalk streichen läßt, welcher die Säure begierig aufnimmt.

Die Kohlensäure bildet sich bei der vollkommenen Verbrennung des Kohlenstoffs; insbesondere ist dabei ihre Bildung bei der trockenen Destillation organischer Stoffe, also ihr Vorhandensein im Leuchtgas, bedingt durch den Sauerstoffgehalt dieser Stoffe. Aus Holz bereitetes Gas enthält ungefähr 25 Prozent Kohlensäure, Steinkohlengas nur bis 4 Prozent. Wichtig ist die Bildung der Kohlensäure aus den Leuchtstoffen, insbesondere dem Leuchtgas, bei der Verbrennung, da sie, in größeren Mengen auftretend, als Verunreinigung der Luft zu betrachten ist, was in besonderen Fällen ihre Beseitigung erheischt.

Hervorgegangen aus der Verbrennung ist die Kohlensäure nicht brennbar und vermag auch das Brennen anderer Körper nicht zu unterhalten. Eine Flamme, welche in eine Kohlensäure-Atmosphäre gebracht wird, erlischt in dieser. Eine gleiche negative Wirkung übt das Gas gegenüber dem tierischen Organismus aus. Lebende Wesen ersticken in dem Gas, und selbst das Vorhandensein von geringeren Mengen (5 und mehr Prozent) wirken auf die Atmung hemmend. Ein Gift im eigentlichen Sinne kann indessen die Kohlensäure nicht genannt werden, da sie keinerlei physiologische Veränderungen im Organismus hervorruft — produziert sie dieser doch selbst.

Cyan, CN, ist ein Gas, welches unter vier Atmosphären Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann. Es verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlensäure und Stickstoff. Im Leuchtgase ist es in nur kleinen Mengen enthalten, in 100 cbm Rohgas nur etwa $^1/_4$ l Cyan. Seine Gegenwart im Leuchtgase ist nur insofern von Bedeutung, als es bei der Reinigung des letzteren in Form verschiedenartiger Verbindungen ausgeschieden und in größeren, industriell verwertbaren Mengen als ein geschätztes Nebenprodukt erhalten wird.

Stickstoff, N, stellt ein farbloses, geruchloses Gas dar vom spezifischen Gewicht 0,971. Unter 42 Atmosphären Druck kann das Gas bei -124^0 C. (kritische Temperatur) zu einer Flüssigkeit verdichtet werden, die bei -193^0 siedet. Der freie Stickstoff bildet fast $^4/_5$ unserer atmosphärischen Luft; außerdem findet er sich in gebundener Form im Tier- und Pflanzenreich und in solchen mineralischen Stoffen, welche sich mit Zuhilfenahme der Verwesung organischer Stoffe gebildet haben (Salpeter). Im Leuchtgas tritt der Stickstoff bloß als ein Rest der ursprünglich in den Apparatenteilen vorhanden gewesenen atmosphärischen Luft auf, welche bei der jedesmaligen Beschickung der Retorten in diese immer wieder hineingelangt und durch die erhitzten Gase ihres Sauerstoffgehaltes beraubt wird, indem der letztere eine entsprechendere Menge der Gase verbrennt. Der Stickstoff zeigt sich im freien Zustande gegenüber den meisten Körpern äußerst indifferent. Er vermag die Verbrennung nicht zu unterhalten und wirkt im Leuchtgase insofern nachteilig, als er dieses verdünnt und dadurch die Temperaturhöhe der Flamme beeinträchtigt, was insbesondere eine geringere Leuchtwirkung der letzteren zur Folge hat. Der Stickstoff ist aus dem Leuchtgas auf keine Weise zu entfernen.

Absorption. Unter gewöhnlichen Umständen üben Gase keine Einwirkung aufeinander aus. Von festen wie flüssigen Körpern werden sie jedoch bald in höherem, bald in geringerem Grade angezogen und dadurch verdichtet; man nennt die Erscheinung „Absorption“, sobald keine chemis[illegible] Bindung hierbei eintritt. Bei den festen Körpern ist die Größe der [illegible]

fläche hierbei durchaus maßgebend. Poröse Holzkohle, Knochenkohle absorbieren in hohem Grade, Koks in sehr geringem Maße, die an den Wänden der Gasretorten durch Zersetzung von Kohlenwasserstoffen sich ausscheidende, sehr dichte und harte Kohle (Retortengraphit) absorbiert so gut wie gar nicht, ebenso wie der natürliche Graphit.

Die Flüssigkeiten sind in der Lage, durch ihre ganze Masse Gase zu absorbieren und vermögen in gewissen Fällen große Mengen desselben aufzunehmen. Es gilt hier nun das Gesetz, daß die Menge des absorbierten Gases ganz von dem Druck abhängt, unter dem es steht. So absorbiert ein Volumen Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und einfachem Atmosphärendruck beiläufig sein gleiches Volumen Kohlensäure; bei einem Druck von 5 Atmosphären nimmt dasselbe sein fünffaches Volumen Kohlensäure auf, somit 1 l Wasser 5 l Kohlensäure von 1 Atmosphärendruck. Wird kohlensäurehaltiges Wasser unter die Luftpumpe gebracht, so geht auch die letzte Spur Kohlensäure fort. Das gleiche findet übrigens auch statt, wenn kohlensäurehaltiges Wasser in der freien Luft sich befindet, die im Mittel in 10000 Volumteilen nur 4 Teile Kohlensäure enthält. Ein absorbiertes Gas bleibt nur unter seinem eigenen Gasdruck von einer Flüssigkeit absorbiert, nicht aber unter dem Druck anderer Gase.

Die Größe der Absorption ist auch durch die Temperatur bedingt; bei niedrigen Temperaturen ist sie stärker, als bei höheren. Deshalb muß streng genommen, wenn angegeben werden soll, wie viel Gas von einer Flüssigkeit absorbiert wird, sowohl der Druck wie die Temperatur bezeichnet werden.

Die einfachen Gase (die Elemente) werden in verhältnismäßig nur geringerem Grade von Flüssigkeiten absorbiert, das Chlor noch am meisten; von einigen der zusammengesetzten Gase können außerordentlich große Mengen in einer Flüssigkeit aufgenommen werden. So nimmt z. B. das Wasser bei 0° C. sein 1050faches Volumen Ammoniak auf. Dabei vermehrt sich auch das Volum der Flüssigkeit ganz bedeutend.

Ein von einer Flüssigkeit absorbiertes Gas vermindert das Absorptionsvermögen für ein anderes. So kann z. B. das Wasser weniger Kohlensäure aufnehmen, wenn Luft darin enthalten ist, was bei der Fabrikation der künstlichen Mineralwässer beachtet werden muß. Durchleiten von Luft durch kohlensäurehaltiges Wasser vermag bald alle Kohlensäure auszutreiben.

Wenn eine Flüssigkeit, die ein Gas absorbiert enthält, an der freien Luft steht, so geht allmählich alles Gas fort; nur im geschlossenen Raum bleibt es absorbiert, wo das in die Luft getretene Gas einen entsprechenden Rückdruck auf das absorbierte ausübt. So verlieren Bier, Champagner, Mineralwasser in offenem Glas nach einiger Zeit fast ihre ganze Kohlensäure. Nur eine der in der Luft vorhandenen entsprechende geringe Menge bleibt absorbiert.

Bei der Absorption der Gase wird Wärme frei; ebenso wird solche gebunden, wenn ein absorbiertes Gas aus der Flüssigkeit entweicht. Die Verhältnisse entsprechen genau denjenigen bei der Verdampfung von Flüssigkeiten und bei der Verflüssigung von Dämpfen. Wenn Wasser große Mengen eines Gases aufnimmt, z. B. von Ammoniak, so kann seine Temperatur zu einer großen Höhe ansteigen, so daß zuletzt weiteres Gas nicht aufgenommen wird. Die Flüssigkeit muß unbedingt künstlich gekühlt werden, wenn sie bei gewöhnlicher Temperatur mit Gas gesättigt werden soll.

Die **Absorption** ist ein sehr wichtiges Mittel, um Gase aus Gasgemischen zu entfernen, und Gase in konzentrierter Form transportabel zu machen und dadurch für verschiedene Zwecke zu verwerten. In ausgedehntem Grade wird Ammoniakwasser (Salmiakgeist), Chlorwasserstoffwasser (Salzsäure) in den Handel gebracht und vielfältig verwendet; in Laboratorien gebraucht man vielfach Schwefelwasserstoffwasser, Schwefeligsäurewasser, Chlorwasser. Das Folgende gibt eine Tabelle von Gaslösungen, welche die bei gewöhnlicher Temperatur und 1 Atmosphärendruck von einem Raumteil Wasser aufgenommenen Raumteile Gas enthält:

Chlor	2	Raumteile,
Chlorwasserstoff	450	„
Ammoniak	730	„
Schwefelwasserstoff	3 bis 4	„
Schwefelige Säure	50	„

Die in obigem Verhältnis angegebene Lösung des Chlorwasserstoffs bildet die käufliche rauchende Salzsäure, die angegebene Lösung des Ammoniaks den käuflichen Salmiakgeist.

Verbrennung und Flamme.

Verbrennung. Gewisse Gase können sich miteinander verbinden; es bedarf hierzu jedoch immer eines besonderen äußeren Anstoßes. Chlor und Wasserstoff wirken im Dunkeln nicht aufeinander ein, jedoch wenn sie dem Licht ausgesetzt werden. Auf gewisse Flüssigkeiten und feste Körper können manche Gase unmittelbar einwirken. Für unsere Zwecke sind lediglich von Interesse die Verbindungen, welche der Sauerstoff mit sogenannten brennbaren Stoffen eingeht. Solche sind von Elementen: Wasserstoff, Kohlenstoff; von zusammengesetzten Körpern: Kohlenoxyd, sowie eine große Zahl von Kohlenwasserstoffen in festem, flüssigem und gasförmigem Zustand, im allgemeinen alles, was organischer Abstammung ist und außer Kohlenstoff und Wasserstoff auch noch Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel enthält. Den Vorgang der Verbindung des Sauerstoffs mit anderen Stoffen nennt man im allgemeinen „Oxydation". Es wird dabei stets Wärme entwickelt; bei langsam vorschreitendem Prozeß ist solche allerdings nicht immer nachweisbar. Bei sehr rascher Oxydation kann das nun erzeugte Produkt, das „Oxyd", sich jedoch zu einer so hohen Temperatur erwärmen, daß es eine Lichterscheinung zeigt, daß es glüht. Man nennt den Vorgang alsdann **Verbrennung.** Die Verbindungswärme ist für die verschiedenen Stoffe sehr ungleich; für einen bestimmten Stoff bilden sie jedoch eine konstante Größe, die ganz unabhängig ist von der Länge der Zeit, in welcher die Verbindung erfolgt. Auf die Temperatur, welche hierbei entsteht, wirkt ein: 1. die Verbindungswärme, 2. die Masse des neu erzeugten Produkts, 3. das etwaige Vorhandensein fremder Stoffe, welche sich an der Verbindung nicht beteiligen, aber innig mit derselben gemengt sind, so daß die in ihr gebildete Wärme auch auf sie übergeht. — Die Temperatur läßt sich also durch einen Quotienten ausdrücken, welcher die Verbindungswärme im Zähler und die gesamte Masse, in welche jene eintritt, im Nenner hat. Da die Körper, je nach ihrer *verschiedenen spezifischen* Wärme durch eine gegebene Men-

Die Lichtstärke einer Flamme hängt auch wesentlich ab von ihrer Dicke. Zu dem Strom eines brennbaren Gases hat die Luft nur von außen Zutritt; im Innern der Masse kann eine Verbrennung und Wärmeentwickelung nicht stattfinden. Eine dicke Flamme kann bloß außen glühen, nicht aber im inneren Kern. Daher kommt es, daß die Flamme einer Kerze, welche immer verhältnismäßig dick ist, im Innern bis zu einer gewissen Höhe dunkel erscheint. Dadurch kann auch die Temperatur im ganzen nicht sehr hoch werden und die Flamme ist gelbrot, lichtschwach. Dasselbe findet statt bei der Flamme von Leuchtgas, welches aus einer weiten, runden Oeffnung ausströmt. Je dünner die Flamme wird, um so mehr kann sie bis zu einem gewissen Grad Licht entwickeln; deshalb läßt man das Leuchtgas sich als eine breite, fächerartige Flamme entwickeln. Unter ähnlichen Bedingungen kann auch eine Rundflamme versetzt werden, wenn in ihren inneren Kern die Luft Zutritt erhält. Darauf beruht die Wirkung der Rundbrenner bei Oel-, Petroleum und Gaslampen. Die erforderliche rasche Strömung der Luft in das Innere wird bewirkt durch ein cylindrisches Glas, welches sich wie ein Zugkamin verhält. Man kann hier alle Zustände der Leuchtkraft einer Flamme hervorrufen, indem man den Zutritt der Luft in das Innere der Flamme verengert, kann man dieselbe dunkel, selbst rußend machen; indem man einen sehr hohen Cylinder anwendet, oder den vorhandenen durch ein Blechstück verlängert, kann man die Luftzufuhr in dem Grade verstärken, daß der leuchtende Teil der Flamme zwar sehr weiß, aber kurz und dünn ist, indem die Kohlenstoffteilchen zu rasch verbrennen, so daß nur wenig Licht entwickelt wird. Die größte Lichtentwickelung erfolgt nur unter bestimmten Bedingungen und es sollte die Luftzufuhr eigentlich jeder besonderen Stärke der Verbrennung besonders angepaßt werden. Eine nichtleuchtende Flamme kann auch dadurch leuchtend gemacht werden, daß man einen unverbrennlichen festen Körper, z. B. einen Platindraht, in dieselbe bringt. Neuerdings hat man gelernt, stark leuchtende Flammen dadurch herzustellen, daß man über eine Bunsenflamme eine Art Sack aus einem mineralischen Stoff herstellt (Auersches Glühlicht). Die große Wirkung erklärt sich hier daraus, daß das Licht in einer fast ununterbrochenen Oberfläche entwickelt wird, während bei der gewöhnlichen Flamme die glühenden Kohlenstoffpartikelchen verhältnismäßig weit voneinander abstehen. Darauf beruht auch die große Wirkung des dünnen Kohlenfadens in den elektrischen Glühlampen. Bei dem Bogenlicht kommt außerdem noch hinzu die bedeutend höhere Temperatur.

Bildungsweise brennbarer Gase.

Die brennbaren Gase können auf sehr verschiedene Weise gebildet werden. Zur Erzeugung des Wasserstoffs können beispielsweise die folgenden Mittel dienen.

1. Zersetzung von Säuren durch Zink oder Eisen.

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

Zink Schwefelsäure Zinkvitriol Wasserstoff.

2. Zersetzung des Wassers durch verschiedene Metalle, wie Natrium, Kalium ꝛc.:

$$H_2O + Na_2 = Na_2O + H_2$$
Wasser Natrium Natriumoxyd Wasserstoff.

3. Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom; an der mit dem Zinkpole einer galvanischen Kette verbundenen Elektrode (die Kathode) wird Wasserstoffgas entwickelt.

4. Zersetzung überhitzten Wasserdampfes durch glühendes Eisen oder Kohle, je nach Höhe der Temperatur:

$$H_2O + C = CO + H_2$$
Wasser Kohlenstoff Kohlenoxyd Wasserstoff

oder

$$2H_2O + C = CO_2 + 2H_2$$
Wasser Kohlenstoff Kohlensäure Wasserstoff.

5. Zersetzung vieler organischer Stoffe durch die Einwirkung hoher Temperaturen bei Luftabschluß (sogenannte trockene Destillation); der Wasserstoff tritt hier als Anteil eines Gasgemenges von sehr verschiedener Zusammensetzung und Beschaffenheit auf.

Für die Leuchtgasbereitung sind wesentlich die unter 5. bezeichneten Vorgänge von Wichtigkeit. Wir haben hier vorerst nur den auftretenden Wasserstoff ins Auge gefaßt. Aber außer diesem und außer dem nach der Reaktion 4. auftretenden Kohlenoxyd werden bei der Leuchtgasbereitung noch eine Anzahl anderer Gase erzeugt, die im Hinblick auf Leuchtkraft sogar von alleiniger Bedeutung sind.

Bildung von Leuchtgas durch trockene Destillation. In jedem organischen Gebilde sind die Bedingungen gegeben, welche die Entwickelung brennbarer Gase durch bloßes Erhitzen dieser Stoffe unter Luftabschluß gestatten. Der Zusammenhalt ihrer Bestandteile (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff) ist kein fester, durch verschiedene Einwirkungen kann er gelockert werden. Insbesondere zeigen die organischen Körper die Neigung, beim Erhitzen in Bestandteile von einfacherer Zusammensetzung auseinander zu fallen; es können dabei eine große Reihe verschiedener neuer Körper gebildet werden, welche einen festen, einen flüssigen oder einen gasförmigen Zustand besitzen.

So werden die organischen Stoffe: Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz, Mineral- und fette Oele, Harz u. s. w., unter Luftabschluß erhitzt, teilweise oder ganz in Gase übergeführt. Im allgemeinen bezeichnet man den Vorgang als **Vergasung***). Sein Verlauf soll in der Beschreibung des folgenden Versuchs zur Anschauung gebracht werden.

Wenn man die Probe einer als Gaskohle bezeichneten Steinkohle in einem Glasröhrchen über der Flamme eines Bunsenbrenners erhitzt, so nimmt man nach einiger Zeit die Entwickelung von dicken, braunen Dämpfen wahr, welche die Wandungen des Glasrohres stark beschlagen und dieselben

---

*) Manche technische Schriftsteller machen einen Unterschied zwischen „Vergasung" und „Entgasung", indem sie unter ersterer nur solche Vorgänge der Gasbildung zusammenfassen, bei welchen das gesamte Brennstoffmaterial an der letzteren teilnimmt. In diesem Sinne wären z. B. Oele als Vergasungsmaterialien zu bezeichnen; nicht jedoch Steinkohle, Holz u. a. m., aus welchen bei der trockenen Destillation nur ein Bruchteil als Gase entwickelt werden kann — (Entgasungsmaterialien). Als Vergasung im strengsten Sinne kann man ferner die bei der später noch zu beschreibenden Bildung von Generator- und Wassergas sich vollziehenden Vorgänge bezeichnen.

undurchsichtig machen. An den von der erhitzten Stelle entfernteren Teilen des Rohres werden gleichzeitig Wasserdämpfe in tropfbar flüssiger Form niedergeschlagen. Die Hauptmenge der rauchartigen Dämpfe tritt aber aus dem Rohre aus. Rotes Lackmuspapier wird durch die Dämpfe gebläut, wodurch die letzteren ihre alkalische Natur zu erkennen geben, bedingt durch die Gegenwart von Ammoniakgas. Des weiteren bestehen die Dämpfe hauptsächlich aus einem Gemisch von Wasserdampf, wie schon oben erwähnt, teerartigen Bestandteilen und den eigentlichen brennbaren Gasen und Dämpfen, die weiter unten noch näher zu bezeichnen sind. Wenn man das Rohr daher mit seiner Ausmündung einer Flamme nähert, so entzünden sich die austretenden Gase; sie brennen mit leuchtender Flamme. — Ein unter Luftabschluß nicht verbrennlicher fester Rückstand verbleibt als Koks in dem Glasröhrchen.

Gewisse dieser Stoffe finden sich bei jeder trockenen Destillation; andere entwickeln sich nur aus bestimmten Körpern; auch hat die Höhe der Temperatur einen großen Einfluß auf die Qualität und Quantität der Zersetzungsprodukte. Am wichtigsten für die Technik und am meisten untersucht sind die aus den Brennstoffen durch die Erhitzung gewonnenen Produkte. Man unterscheidet sie als Gas, Teer und kohligen Rückstand (Holzkohle, Torfkohle, Koks).

Der kohlige Rückstand ist nicht reiner Kohlenstoff, sondern er hält noch gewisse Mengen von Wasserstoff und Sauerstoff, welche selbst bei den höchsten Temperaturen nicht ausgetrieben werden können, zurück; außerdem ist in demselben auch die ganze in dem natürlichen Brennstoff vorhandene Asche enthalten. Seine Struktur ist verschieden, je nach der Art des verwendeten Brennstoffs, ebenso seine Härte.

Der flüssige Teil, der Teer, wird in einen dünnflüssigen und einen dickflüssigen Bestandteil unterschieden. Der dünnflüssige ist Wasser, welches verschiedene darin lösliche Stoffe enthält (Teerwasser, Gaswasser, Ammoniakwasser.) Der dickflüssige Bestandteil, oder Teer im engeren Sinne, ist ein Gemenge zahlreicher flüssiger und darin gelöster fester Kohlenwasserstoffe nebst einigen Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen.

Das Gas besteht aus verschiedenen brennbaren permanenten Gasen und Dämpfen von bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Kohlenwasserstoffen, sowie einigen nicht brennbaren Stoffen, namentlich Kohlensäure.

Im folgenden sind alle die bei der Zersetzung der Steinkohle (Flammkohle) auftretenden Stoffe, die sich durch ihre größte Reichhaltigkeit auszeichnen, aufgezählt. Die meisten derselben haben vorerst nur wissenschaftliches Interesse. Verschiedene bilden die Grundlage der großartigen Teerfarbenindustrie, die Gase setzen im Wesen das Leuchtgas zusammen.

Die Aufstellung enthält zwei Reihen, von welchen die eine (A) die Stoffe nach ihrer chemischen Zusammengehörigkeit gruppiert, die andere (B) nach der Stellung, welche ihnen als Vergasungsprodukt zukommt.

A.

1. Verbindungen von H mit O, N, S und Cl.

Wasserstoff.
Wasser.
Schwefelwasserstoff.
Ammoniak.
Schwefelammonium.
Chlorammonium.

II. Kohlenstoff-Verbindungen.

a) Einfache Verbindungen:

Kohlenoxyd.
Kohlensäure.
Schwefelkohlenstoff.
Kohlensaures Ammon.
Cyan.
Blausäure.
Cyanmethyl.
Cyansulfid.
Schwefelcyanammon.
Cyanammon.

b) Kohlenwasserstoffe der Fettreihe von der allgemeinen Formel:

C_nH_{2n+2}: Sumpfgas.
Paraffin.
C_nH_{2n}: Aethylen.
Propylen.
Butylen.
Amylen.
Hexylen.
C_nH_{2n-2}: Acetylen.
Allylen.
Crotonylen.
Teren.
Kohlenwasserstoff C_6H_{10}.

c) Alkohole:

$C_nH_{2n+2}O$: Aethylalkohol.

d) Fettsäuren:

$C_nH_{2n}O_2$: Essigsäure.

e) Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe von der allgemeinen Formel:

C_nH_{2n-6}: Benzol.
Toluol.
Xylol.
Paraxylol.
Mesitylen.
Cumol.
Pseudocumol.
Hemellithen.
Cymol.
Tetramethylbenzol.
C_nH_{2n-8}: Styrol.
C_nH_{2n-12}: Naphthalin.
Naphthalinhydrür.
Methylnaphthalin (α und β).
C_nH_{2n-14}: Diphenyl.
Acenaphten.
C_nH_{2n-16}: Fluoren.
C_nH_{2n-18}: Phenanthren.
Anthracen.
Methylanthracen.
C_nH_{2n-20}: Fluoranthen.
Pseudophenanthren.
C_nH_{2n-22}: Pyren.
C_nH_{2n-24}: Chrysen.
$(C_{10}H_{16})_x$: Terpen.

Unbekannter Zusammensetzung:

Chrysogen.
Parachrysen.

f) Amidoderivate der Kohlenwasserstoffe:

$C_nH_{2n-5}N$: Anilin.

g) Basen von der allgemeinen Formel:

$C_nH_{2n-3}N$: Pyrrol.
$C_nH_{2n-5}N$: Pyridin.
α-Picolin.
Lutidin.
Collidin.
Parvolin.
Coridin.
Rubidin.
Viridin.
$C_nH_{2n-11}N$: Chinolin.
Chinaldin.
Lepidin.
Kryptidin.
$C_nH_{2n-15}N$: Carbazol.
$C_nH_{2n-17}N$: Acridin.

h) Phenole: $C_nH_{2n-6}O$.

Phenol (o-, m-, p-).
Kresol.
Xylenol.

i) Aromatische Säuren:

$C_nH_{2n-8}O_2$:
Benzoesäure.
Jodurylsäure.

k) Indifferente Stoffe.

α-, Pyrokresol.
β-, „
γ-, „

l) Thiophenartige Körper.

Thiophen.
Thioxen.

B.

	Formel	Schmelzpunkt	Siedepunkt
I. Leuchtgas.			
a) Lichtgebende Bestandteile.			
α. Gase. Acetylen	C_2H_2	Gas	—
Aethylen	C_2H_4	„	—
Propylen	C_3H_6	„	—
Butylen	C_4H_8	—	—
Allylen	C_3H_4	—	—
Crotonylen	C_4H_6	—	25
Teren	C_5H_8	—	—
β. Dämpfe. Benzol	C_6H_6	flüssig	81
Thiophen	C_4H_4S	—	84
Styrol	C_8H_8	flüssig	145
Naphthalin	$C_{10}H_8$	80	217
Methylnaphthalin	$C_{11}H_{10}$	—	242
Fluoren	$C_{13}H_{10}$	113	340
Fluoranthen	$C_{15}H_{10}$	109	$<$360
b) Verdünnende Bestandteile (Lichtträger).			
Wasserstoff	H_2	Gas	—
Methan (Sumpfgas)	CH_4	Gas	—
Kohlenoxyd	CO	Gas	—
c) Verunreinigende Bestandteile.			
Kohlensäure	CO_2	Gas	—
Ammoniak	NH_3	Gas	—
Cyan	CN	Gas	—
Cyanmethyl	C_2H_3N	flüssig	81
Schwefelcyan	$CN(NH_4)$	60*)	—
Schwefelwasserstoff	H_2S	Gas	—
Schwefelkohlenstoff	CS_2	flüssig	46
Stickstoff	N	Gas	—
Wasserdampf	H_2O	0	100
II. Ammoniakwasser.			
a) Hauptbestandteile.			
Kohlensaures Ammon	$CO_3(NH_4)_2$	—	—
Schwefelammon	$S(NH_4)_2$	—	—

*) Sublimiert schon bei 30 bis 40°.

	Formel	Schmelzpunkt	Siedepunkt
Nebenbestandteile.			
Schwefelcyanammon	CNS(NH$_4$)	159	—
Chlorammon	ClNH$_4$ *)	—	—
Cyanammon	CN · NH$_4$	?	36
III. Teer.			
Neutrale Verbindungen.			
α. Kohlenwasserstoffe. Crotonylen	C_4H_6	flüssig	25
Amylen	C_5H_{10}	„	30
Hexylen	C_6H_{12}	„	71
Kohlenwasserstoff C_6H_{10} . . .	C_6H_{10}	„	85
Paraffin	?	fest	ca.400
Benzol	C_6H_6	3	81
Toluol	C_7H_8	flüssig	110
Xylole (o-, m-)	C_8H_{10}	„	141
Paraxylol	„	15	137
Styrol	C_8H_8	flüssig	146
Mesitylen	C_9H_{12}	„	163
Pseudocumol	„	„	169
Hemellithen	„	„	175
Terpen	$C_{10}H_{16}$	„	171
Cymol	$C_{10}H_{14}$	„	175
Tetramethylbenzol	„	—	—
Naphthalinhydrür	$C_{10}H_{10}$	flüssig	205
Naphthalin	$C_{10}H_8$	80	217
α-Methylnaphthalin	$C_{11}H_{10}$	—	243
β-Methylnaphthalin	„	32,5	241,5
Diphenyl	$C_{12}H_{10}$	71	254
Acenaphten	„	99	280
Fluoren	$C_{13}H_{10}$	113	294
Phenanthren	$C_{14}H_{10}$	100	340
Fluoranthen	$C_{15}H_{10}$	109	<360
Pseudophenanthren	$C_{16}H_{12}$	115	„
Anthracen	$C_{14}H_{10}$	213	„
Methylanthracen	$C_{15}H_{12}$	200	„
Pyren	$C_{16}H_{10}$	119	„
Chrysen	$C_{18}H_{12}$	250	„
Chrysogen	?	290	„
Parachysen	?	320	„
Andere neutrale Verbindungen. Schwefelkohlenstoff . .	CS_2	flüssig	47
Aethylalkohol	C_2H_6O	„	78

*) Sublimiert ohne zu schmelzen.

	Formel	Schmelz-punkt	Siede-punkt
Cyanmethyl	C_2H_3N	flüssig	81
Wasser	H_2O	0	100
Phenylnaphtylcarbazol	$C_{16}H_{11}N$	330	<440
Thiophen	C_4H_4S	flüssig	84
Thioxen	C_6H_8S	„	137
b) Säuren.			
Schwefelwasserstoff	H_2S	Gas	—
Blausäure	CNH	„	—
Kohlensäure	CO_2	„	—
Essigsäure	$C_2H_4O_2$	17	119
Phenol (Karbolsäure)	C_6H_6O	42	182
o-Kresol	C_7H_8O	31	188
m- „	„	flüssig	201
p- „	„	36	199
Xylenol	$C_8H_{10}O$	—	—
α-Isodurylsäure	$C_{10}H_{12}O_2$	215	—
α-Pyrokresole	$C_{15}H_{14}O$	195*)	—
β- „	„	124*)	—
γ- „	„	105*)	—
Benzoesäure	$C_7H_6O_2$	121	249
c) Basen.			
Ammoniak	NH_3	Gas	—
Pyridin	C_5H_5N	flüssig	115
Pyrol	C_4H_5N	„	126
α-Picolin	C_6H_7N	„	134
Lutidin	C_7H_9N	„	154
Collidin	$C_8H_{11}N$	„	179
Anilin	C_6H_7N	„	182
Parvolin	$C_9H_{13}N$	„	188
Coridin	$C_{10}H_{15}N$	„	211
Rubidin	$C_{11}H_{17}N$	„	230
Chinolin	C_9H_7N	„	239
Chinaldin	$C_{14}H_9N$	„	240
Viridin	$C_{12}H_{19}N$	„	251
Lepidin	$C_{10}H_9N$	„	257
Kryptidin	$C_{11}H_{11}N$	„	274
Acridin	$C_{12}H_9N$	238	355
Carbazol	$C_{13}H_9N$	107	<360
IV. Rückstand.			
Kohle, Brandharze.			

*) *Sublimiert beim Erhitzen.*

Die im vorstehenden bezeichneten Stoffe werden entwickelt vorzugsweise aus der für die Gasfabrikation dienenden Steinkohle, die auch als Gaskohle bezeichnet wird, und die einen backenden Charakter hat. Die älteren anthrazitartigen Kohlen entwickeln nur geringe Mengen Destillationsprodukt überhaupt und von geringer Zahl; das Gas brennt ohne leuchtende Flamme. Bei anderen Brennstoffen ist Ausbeute, Art und Zahl der Destillationsprodukte wieder verschieden. Bei der Holzdestillation kommt im Teerwasser hauptsächlich die bei den Steinkohlen fast ganz fehlende Essigsäure in Betracht, die von dieser Quelle stammend vielfältige Verwendung findet. Ferner der Holzgeist oder Methylalkohol, der für die Technik allein von hier stammt. Dafür fehlen in den Holzdestillationsprodukten die so wichtigen ammoniakalischen Bestandteile des Steinkohlenteers vollständig, ebenso das Anilin, welches die Grundlage der Farbenfabriken gebildet hat.

Bei der Destillation des Teers behufs Verwertung seiner einzelnen Bestandteile bleibt zurück eine Masse von hohem Schmelzpunkt, die beim Erkalten vollständig erhärtet; man nennt dieselbe Asphalt, da sie gewisse Aehnlichkeit mit dem natürlich vorkommenden Stoffe besitzt. Der Asphalt findet eine bedeutende technische Verwendung, namentlich als Bindemittel des Steinkohlenpulvers in den Briketts. Wird der Asphalt weiter erhitzt, so zersetzt er sich unter Erzeugung von Stoffen, wie sie im vorhergehenden genannt worden sind, und es bleibt eine poröse, kohlige Masse zurück.

Hinsichtlich der Mengen, in welchen die Vergasungsprodukte bei der trockenen Destillation auftreten, interessieren den Gastechniker zunächst nur die Gesamtbeträge (Ausbeute) von Leuchtgas, flüssigen Produkten (Teer und Gaswasser) und kohligen Rückständen. Es liegen daher von keiner Seite quantitative Analysen vor, welche sich auf sämtliche auftretenden Vergasungsprodukte, etwa die oben aufgezählten der Steinkohle, erstrecken würden. Nur das Leuchtgas selbst, und zwar nur das bereits gereinigte, ist in wiederholten Fällen auf die Menge seiner einzelnen Bestandteile untersucht worden. Die Ergebnisse hierüber finden sich im folgenden zusammengestellt; sie beziehen sich auf Leuchtgas der Städte Heidelberg, Königsberg und Hannover; die betreffenden Analytiker sind eingeklammert vermerkt.

		Heidelberg (Bunsen)	Königsberg (Blochmann)	Hannover (Fischer)	
Aethylen	Lichtgebende Bestandteile	2,55	2,01	a) 2,11	b) 2,48
Propylen		1,21	0,72	0,37	0,64
Benzol		1,33	0,66	0,69	0,59
Methan	Verdünnende Bestandteile	34,02	35,28	37,55	38,75
Wasserstoff		46,20	52,75	46,27	47,60
Kohlenoxyd		8,88	4,00	11,19	7,42
Kohlensäure	Verunreinigende Bestandteile	3,01	1,40	0,81	0,48
Sauerstoff		0,65	—	Spur	0,02
Stickstoff		2,15	3,18	1,01	2,02

In der Regel nimmt man jedoch Abstand von derartigen weitläufigen Untersuchungen des Leuchtgases, welchen vorwiegend eine rein wissenschaftliche Bedeutung zukommt, und deren Ausführung immerhin eine schwierige Arbeit darstellt. Für die Technik ist es nur interessant zu wissen, wie viel die

Gesamtmengen der lichtgebenden, der verdünnenden und der verunreinigenden Bestandteile des Gases betragen. Die technische Analyse bietet verhältnismäßig einfache Mittel, um in ein und derselben Operation die Summe der lichtgebenden Bestandteile (schwere Kohlenwasserstoffe) zu bestimmen; die verdünnenden Bestandteile, also Methan (Sumpfgas, leichtes Kohlenwasserstoffgas), Kohlenoxyd und Wasserstoff sind allerdings einzeln zu bestimmen; von den verunreinigenden Bestandteilen wird häufig nur die Kohlensäure gemessen, der Rest als Stickstoff und Sauerstoff angenommen.

Die Kenntnis dieser Mengenverhältnisse ist für den Gastechniker von der größten Wichtigkeit, da die Einzelbestandteile die Eigenschaften des Leuchtgases in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflussen. Derartige Ergebnisse von Gasanalysen sollen daher in den später folgenden Kapiteln, welche die verschiedenartigen Vergasungsmaterialien behandeln, jeweils aufgeführt werden; eine übersichtliche Zusammenstellung geben Landolt und Lange:

Vergasungsmaterial	Schwere Kohlenwasserstoffe	Leichte Kohlenwasserstoffe	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Kohlensäure	Stickstoff	Spezifisches Gewicht	Analytiker
Holz	7,70	9,45	61,79	18,43	2,21	0,42	—	Pettenkofer
Buchenholz . .	6,50	27,29	41,91	24,27	—	—	—	Reißig
Birkenholz . .	8,08	22,64	35,99	33,29	—	—	—	"
Tannenholz . .	8,45	22,40	38,25	30,99	—	—	—	"
Torf	9,52	42,65	20,33	27,50	—	—	—	"
Steinkohlen:								
Pelton . .	3,87	32,87	12,89	50,05	0,32	—	0,4152	Frankland
Hulton Canel	5,50	40,12	8,23	45,74	0,41	—	0,4353	"
Wigan "	10,81	41,99	10,07	35,94	1,19	—	0,5186	"
Newcastle "	9,68	41,38	15,64	33,30	—	—	0,5669	"
Methyl "	14,48	38,75	13,40	33,32	0,05	—	0,5462	"
Lesmahago "	16,31	42,01	14,18	26,84	0,66	—	0,6649	"
Boghead "	24,50	58,38	6,58	10,54	—	—	0,6941	"
Petroleum . .	31,60	45,70	—	32,70	—	—	—	Bolley
Schieferöl . .	25,30	64,80	6,65	3,05	0,20	Spur	—	Reißig

Es wurde oben bereits erwähnt, daß die bei der Vergasung innengehaltene Temperatur auf die Zusammensetzung des Gasgemisches von wesentlichem Einfluß ist. Das Nähere hierüber wird, soweit es sich um die Gasbereitung aus Steinkohle handelt, bei Besprechung dieses Vergasungsmaterials ausgeführt werden.

Zum Schlusse dieses Kapitels soll noch eine Charakteristik der drei hauptsächlichen im Leuchtgas enthaltenen Gruppen von Gasen, nämlich der lichtgebenden, verdünnenden und verunreinigenden Bestandteile, gegeben werden, sofern sie sich unter gewissen einheitlichen Gesichtspunkten zusammen-

a) Die lichtgebenden Bestandteile. Man pflegt die lichtgebenden Bestandteile des Leuchtgases im Hinblick auf ihren chemischen Charakter auch als „schwere Kohlenwasserstoffe“ zu bezeichnen und rechnet zu denselben das Aethylen, Propylen, Butylen, Acetylen, Benzol und Naphthalin, also nicht ausschließlich Gase im eigentlichen Sinne, sondern auch solche, welche zu Flüssigkeiten und festen Körpern gerechnet werden, und nur in dampfförmiger Gestalt in dem Leuchtgas sich befinden. Den genannten Gasen und Dämpfen kommt die Eigenschaft zu, bei der Verbrennung Kohlenstoff auszuscheiden und dadurch zu leuchten, welche Erscheinung S. 21 schon zur Genüge erklärt wurde. Trotz der kleinen Mengen, in welchen diese Stoffe im Leuchtgas enthalten (siehe obige Analysen), sind sie doch ausreichend, um dem Gas die gewünschte Eigenschaft des Leuchtens zu verleihen, und hat man es in der Hand, durch Hinzufügen schwerer Kohlenwasserstoffe zu einem sonst normal beschaffenen Leuchtgas dessen Lichtstärke beim Brennen zu vermehren (vergl. Karburation).

Die Eigenschaften dieser Körper, mit Ausnahme des Benzols und Naphthalins, welche als nicht permanente Gase dort keine Stelle finden konnten, sind schon S. 10 u. ff. mitgeteilt worden; über die beiden letztgenannten ist noch das folgende zu sagen.

Benzol, C_6H_6, stellt eine wasserhelle, leichtbewegliche und angenehm riechende Flüssigkeit dar, welche unter 0° C. zu einer kristallinischen Masse erstarrt, die bei 6° C. wieder schmilzt; es siedet bei 80,4° C.; sein spezifisches Gewicht beträgt 0,884. In Wasser ist der Körper so gut wie unlöslich, leichtlöslich dagegen in Alkohol. Das Benzol — beziehungsweise sein Dampf — verbrennt mit leuchtender Flamme unter starker Rußbildung. — Von seinen Bildungsweisen, die uns hier interessieren, ist der Entstehung des Benzols aus Acetylen schon Erwähnung geschehen; der Körper bildet sich am leichtesten beim Durchleiten von Petroleum durch glühende Röhren.

Als lichtgebender Bestandteil bildet das Benzol im Leuchtgas eine ganz hervorragende Stelle. Bunte hat zuerst darauf hingewiesen, daß im Steinkohlengas Benzol bei weitem nicht in derjenigen Menge auftritt, die in demselben bei vollständiger Sättigung vorhanden sein könnte, und hat dadurch den Weg vorgezeichnet, das Leuchtgas nachträglich, nach Verlassen der Fabrikationsapparate, auf billige Art ganz erheblich aufzubessern, indem man es einfach über Benzol streichen läßt, mit dessen Dämpfen es sich beladet.

Naphthalin, $C_{10}H_8$, bildet weiße gewürzhaft riechende Kristalle vom spezifischen Gewicht 1,157, die bei 80° C. schmelzen. Der Siedepunkt liegt bei 218° C.; es ist indessen schon bei niedrigeren Temperaturen mit andern Dämpfen oder Gasen flüchtig, und gelangt vornehmlich auf diese Weise in das Leuchtgas.

b) Die verdünnenden Bestandteile des Leuchtgases. Methan, Kohlenoxyd und Wasserstoff, deren chemische Eigenschaften S. 12 u. 13 bereits aufgeführt sind, werden von manchen auch als „Lichtträger“ bezeichnet, da sie bei der Verbrennung selbst nicht oder nur schwach leuchten, sondern nur die mit leuchtender Flamme brennenden Gase und Dämpfe in sich verteilt enthalten. Während sie zunächst nur zur Wärmeentwickelung bei der Verbrennung dienen, kommt ihnen noch eine besondere Bedeutung im Leuchtgas zu, welche von Einfluß auf das Leuchten der Flamme ist. Die lichtgebenden Bestandteile des Gases, Aethylen, wie überhaupt alle

[illegible] Dampf, [illegible], Benzol [illegible] Flamme, [illegible] vollkommene Verbren[illegible] [illegible]. Nur durch künstlich verstärkte [illegible] Glaskeizlinder [illegible] [illegible] zu erzielen. Werden jedoch die [illegible] Gasen [illegible], so erfolgt [illegible] eine Rußausscheidung, und um [illegible] Verwendung des Gases ist. Dabei ist [illegible] das Verhältnis der nichtleuchtenden [illegible] des Gases ist, um so mehr Wärme entwickelt [illegible]. Ein [illegible] eine 16kerzige [illegible] in der Stunde 750 W. E., [illegible] Helligkeit nur 350 W. E. entwickelt [illegible].

[illegible] Bestandteile des Leuchtgases verdienen [illegible] Eigentümlichkeiten der Methode ihrer [illegible]. Sie machen die Reinigung des [illegible] nur einen unnötigen Ballast [illegible] die Leucht- und Wärme[illegible] verringern, oder, indem sie oder [illegible] belästigen oder leb[illegible]. [illegible] aus dem Leucht[illegible] vollkommen erreichen [illegible] eines Leuchtgasgemisches [illegible], die Brauchbarkeit eines der[illegible] wenn die Reinigung mit zu bedeutenden Kosten [illegible]. [illegible] die Gastechnik verstanden, [illegible] gehende Bestandteile nicht allein aus dem [illegible], sondern dieselben, als wertvolle Nebenprodukte der Gasbereitung, [illegible] zu gewinnen und Handelspräparate daraus zu [illegible], [illegible] die Rentabilitätsberechnung einer Gasanstalt eine [illegible] Bedeutung [illegible]. Insbesondere ist es das Ammoniak, welches in [illegible] Verbindungen mit Säuren von der Gastechnik als der [illegible] Produktionsquelle in den Handel gebracht wird.

Aus dieser Gruppe sind, als permanente Gase, bereits genannt und S. 14 und 17 ausführlich beschrieben: Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Cyan, Stickstoff. Als ein weiterer verunreinigender Bestandteil ist nachtragsweise hier noch zu erwähnen der in Form seines Dampfes im Gas enthaltene

Schwefelkohlenstoff, CS_2. Dieser Körper ist eine farblose, ätherisch riechende Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 1,3; ihr Siedepunkt ist 47°. In Wasser ist Schwefelkohlenstoff nur sehr wenig löslich, sehr leicht und in jedem Verhältnis dagegen in Alkohol und Aether. An der Luft entzündet verbrennt Schwefelkohlenstoff mit der blauen Flamme des brennenden Schwefels zu Kohlensäure und schwefeliger Säure:

$$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$$

Schwefelkohlenstoff Sauerstoff Kohlensäure Schwefelige Säure.

Mit Stickoxyd gemischt entwickelt der Körper bei der Verbrennung ein blendend weißes Licht, welches reich ist an chemischen wirksamen Strahlen und daher wie das Magnesiumlicht oder elektrische Bogenlicht zum Photographieren im Dunkeln Verwendung finden kann.

Schwefelkohlenstoff verbindet sich mit Ammoniak zu Rhodanammonium (Schwefelcyanammonium) und Schwefelammonium, welche Körper sich auch im Gaswasser in Lösung befinden. Mit einer Lösung von Aetzkali in Alkohol bildet der Körper xanthogensaures Kali, welches in absolutem Alkohol unlöslich ist und darin in Form von Kristallen abgeschieden wird. Diese Umsetzung dient als ein scharfes Erkennungszeichen für Schwefelkohlenstoff im Gas. Man hat dasselbe nur in eine Lösung von Aetzkali in wasserfreiem Alkohol einzuleiten; das Vorhandensein von Schwefelkohlenstoff macht sich durch die Ausscheidung von Kristallen xanthogensauren Kalis in der Lösung bemerkbar. — Der Schwefelkohlenstoff bildet sich durch unmittelbare Vereinigung seiner elementaren Bestandteile bei der Erhitzung, indem also Schwefeldampf mit glühender Kohle in Berührung gelangt. Die Bedingungen hierzu sind beispielsweise bei der trockenen Destillation der Steinkohle gegeben. Bei Rotglut zerfällt der Körper wieder in seine Bestandteile; die Zersetzung ist indessen eine nur geringe, wenn die Erhitzung bei Gegenwart überschüssiger Kohle erfolgt. Nach Tieftrunk ist der Schwefelkohlenstoff im Rohgas in Mengen bis zu 2 Prozent enthalten; so hohe Beträge dürften indessen zu den Seltenheiten gehören. Durch die Reinigung ist der Körper aus dem Gas nur unvollkommen zu entfernen. Man hat in 1 cbm Leuchtgas von London 2,25 g Schwefelkohlenstoff nachweisen können, während die dortige Behörde nur 0,4577 g Schwefel, gleich etwa 0,54 g Schwefelkohlenstoff als noch zulässig gestattete.

Generatorgas; Wassergas. Es wurde bereits früher (S. 13) darauf hingewiesen, daß Kohlensäure, wenn sie über weißglühende Kohlen geht, unter Aufnahme einer gleichen Menge Kohlenstoff in das brennbare Gas in Kohlenoxyd übergeführt wird; und wenn Wasserdampf über glühende Kohlen geleitet wird, daß dann Wasserstoff und Kohlenoxyd, oder Wasserstoff und Kohlensäure gebildet wird. Beide Vorgänge werden in der Praxis, bald nebenbei, bald absichtlich, angewendet, um brennbares Gas in großen Mengen zu erzeugen; in der Regel lediglich für Heizzwecke, mitunter auch zum Zweck der Beleuchtung. Die theoretische Grundlage soll im folgenden näher behandelt werden.

Wenn Luft über glühende Kohle streicht, so wird zuerst immer Kohlensäure gebildet; für 1 kg verbrannter Kohle (d. h. sich mit $2^2/_3$ kg Sauerstoff verbindender) werden dabei 8080 Wärmeeinheiten entwickelt. Indem das Gewicht von $3^2/_3$ kg Kohlensäure über glühende Kohlen streicht, nimmt es 1 kg Kohle auf, und es werden $4^2/_3$ kg Kohlenoxyd gebildet.

Der Versuch hat gezeigt, daß, wenn 1 kg Kohlenoxyd mit $^4/_7$ kg Sauerstoff zu $1^4/_7$ kg Kohlensäure verbrennt, 2442 Wärmeeinheiten erzeugt werden; somit werden bei der Verbrennung von $4^2/_3$ kg Kohlenoxyd zu $7^1/_3$ kg Kohlensäure 11394 Wärmeeinheiten erzeugt; oder die Hälfte, d. h. 5697 Wärmeeinheiten bei der Verbrennung von $2^1/_3$ kg Kohlenoxyd. Es geht aus letzterem hervor, daß, wenn 1 kg Kohle unvollständig, bloß zu Kohlenoxyd verbrennt, der größte Teil der Wärme, genau 70 Prozent, noch

nicht zur Entwickelung gekommen ist und in der Form des gasförmigen Kohlenoxyds an einem anderen Orte zur Entwickelung gebracht werden kann. Die bereits erzeugte Wärme, nämlich 2383 Wärmeeinheiten, dient zur Erhitzung des Kohlenoxyds, dessen Temperatur sich aus dem Gewicht gebildeten Kohlenoxyds und damit gemengten Stickstoffs leicht berechnen läßt.

Die bei der Verbrennung von Kohlenstoff entstehende Temperatur beträgt, wenn zu Kohlensäure kein freier Sauerstoff, beziehungsweise keine überschüssige Luft in den gesamten Verbrennungsprodukten vorhanden ist, rund 2600° C. Bei der Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure mit doppelter Luftmenge, wo also noch ebensoviel freier Sauerstoff in den abziehenden Verbrennungsprodukten enthalten ist, wie zur Kohlensäurebildung verwendet wurde, sinkt die Temperatur auf 1350° C.

Bei der Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd entsteht eine Temperatur von 1440° C. Wenn schon nur $^3/_5$ der Wärme wie zuvor gebildet wurde, so bewirkt doch die viel geringere Luftmenge, die um $^1/_4$ so groß ist, wie im vorangehenden Falle, daß die Temperatur selbst noch ein wenig höher ist. Die Temperatur würde sich selbstverständlich vermindern, wenn man sich überschüssige Luft noch mit dem reinen Verbrennungsprodukt gemengt dächte. In einem lediglich Kohlenoxyd enthaltenden Verbrennungsprodukt kann jedoch kein freier Sauerstoff enthalten sein; derselbe würde mit Kohlenoxyd Kohlensäure bilden. Würde man die Annahme machen, daß in dem Verbrennungsprodukt die Hälfte des Sauerstoffs zu Kohlensäure, die andere Hälfte zu Kohlenoxyd verbrannt wäre und freier Sauerstoff sich darin nicht fände, so würde sich eine Temperatur von 2000° C. bilden.

Professor Meidinger hat die Verhältnisse, welche bei der Verbrennung über dem Rost theoretisch eintreten, genau untersucht (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1878, S. 337) und eine im nachstehenden wiedergegebene Tabelle berechnet, welche die Verhältnisse genauer erkennen läßt.

Das Verhältnis von Kohlensäure zu Kohlenoxyd in dem Verbrennungsprodukt hängt bei gegebener Geschwindigkeit der Luft ganz von der Schichthöhe des Brennstoffs ab. Bei geringer Schichthöhe bildet sich bloß Kohlensäure mit freiem Sauerstoff; bei großer Schichthöhe bloß Kohlenoxyd ohne freien Sauerstoff. Bei Aufstellung der Tabelle ist als Brennstoff reine (aschenfreie) Kohle, als Koks oder Anthracit, angenommen, bei denen die Gasentwickelung an sich durch Erhitzung zu vernachlässigen ist. Den fortlaufenden Nummern würde eine immer höhere Brennstoffschicht entsprechen. Die Menge von durch den unverändert großen Rost strömenden Luft ist stets die gleiche in gleicher Zeit, also z. B. 4 kg Sauerstoff oder 17,3 kg Luft in der Stunde. Die Temperatur der in das Kamin abziehenden Gase ist als eine konstante, 200° C., angenommen.

Nummer	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
	Verbrannte Kohle kg	Gebildete Kohlensäure		Gebildetes Kohlenoxyd		Freier Sauerstoff kg	Erzeugte Wärme W. E.	Verbrennungs-Temperatur ° C	Uebertragbare Wärme W. E.	Nutzeffekt der Verbrennung Prozent	Verlust im Kamin Prozent
		Kohle kg	Sauerstoff kg	Kohle kg	Sauerstoff kg						
1	0,28	0,28	0,8	—	—	3,2	2424	540	1524	100	40
2	0,375	0,375	1	—	—	3	3030	700	2150	100	30
3	0,75	0,75	2	—	—	2	6060	1350	5160	100	14
4	1,00	1,00	2 $^{2}/_{3}$	—	—	1 $^{1}/_{3}$	8080	1750	7160	100	11
5	1,33	1,33	4	—	—	0	12120	2600	11190	100	8
6	1,50	0,75	2	0,75	1	1	7896	1680	6956	65	12
7	2,00	1,00	2 $^{2}/_{3}$	1,00	1 $^{1}/_{3}$	0	10530	2200	9570	66	9
8	2,25	0,75	2	1,50	2	0	9735	2000	8755	54	10
9	2,62	0,37	1	2,25	3	0	8542	1700	7542	40	12
10	3,00	—	—	3,00	4	0	7350	1440	6330	30	14

Spalte A enthält das Gewicht der in der Stunde verbrannten Kohle; die Zahlen sind die Summen der in Spalte B und D enthaltenen. Die Spalte B gibt an, wie viele Kohle zu Kohlensäure verbrannt ist; die Spalte D, wie viel zu Kohlenoxyd. Unter C und E befinden sich die zugehörigen Mengen Sauerstoff; F ist der freie Sauerstoff. Die Summe von C, E und F ist immer 4. G gibt die Menge bei der Verbrennung entwickelter Wärme. Diese Zahlen, dividiert durch den vollen kalorimetrischen Effekt der verbrannten Kohle (Zahlen der Spalte A multipliziert mit 8080), geben den Nutzeffekt der Verbrennung in Spalte K. Spalte H enthält die Verbrennungstemperaturen. Bei ihrer Berechnung nahm man einfach die spezifische Wärme der Verbrennungsprodukte zu $^{1}/_{4}$ an, da sie doch nur vergleichenden Wert haben können. Man erhält dieselben, indem man die Menge der Verbrennungsluft 17,3 kg um die Spalte A vermehrt, von dem Ganzen $^{1}/_{4}$ nimmt und mit der erhaltenen Zahl die Zahlen der Spalte G dividiert. Spalte L gibt den Wärmeverlust in Prozenten der entwickelten Wärme (G) im Kamin an, wenn dessen Temperatur stets 2000° C. ist. Zieht man diesen Verlust von den Zahlen in Spalte G ab, so erhält man die Zahlen der Spalte I. Dieselben besagen, wie viel Wärme nach außen abgegeben werden kann. Nur ein Teil davon kommt dem Kessel zu gut; ein Teil geht durch die Zugkanäle in den Erdboden oder in die freie Luft.

Querspalte 1 bis 5 enthält die Berechnung für vollkommene Verbrennung, Nr. 6 bis 10 für unvollkommene. Nr. 3 enthält den Fall der Verbrennung bei doppelter Luftmenge, Nr. 5 den bei einfacher. Die zu entwickelnde und übertragbare Wärme ist hier die bei weitem größte; es geht daraus hervor, wie wichtig es ist, alle die Mittel zur Anwendung zu bringen, die an eine solche Verbrennung heranführen. Unter 6 bis 10 findet man, daß sich auch bei sehr unvollkommener Verbrennung noch Wärmemengen entwickeln lassen, die diejenigen bei vollständiger Verbrennung mit doppeltem Luftüberschuß übertreffen, aber mit außerordentlichem Brennstoffverlust. Es sind verschiedene mögliche Fälle berechnet, unter anderem bei vollständigem Verbrauch des Sauerstoffs Nr. 7 unter der Annahme, daß von der Kohle die Hälfte

Temperatur (Mittel) °C.	Zusammensetzung des Wassergases in Volumprozenten			Wasserdampf Prozent	
	Wasserstoff	Kohlenoxyd	Kohlensäure	zersetzt	unzersetzt
674	65,2	4,9	29,8	8,8	91,2
758	65,2	7,8	27,0	25,3	74,7
838	62,4	13,1	24,5	34,7	65,3
838	61,9	15,1	22,9	41,0	59,0
861	59,9	18,1	21,9	48,2	51,8
954	53,3	39,3	6,8	70,2	27,2
1010	48,8	49,7	1,5	94,0	6,0
1060	50,7	48,0	1,3	93,0	7,0
1125	50,9	48,5	0,6	99,4	0,6

Es ist hierbei noch beachtenswert, daß der Wasserdampf erst bei sehr hohen Temperaturen (über 1000°) nahe vollständig zersetzt wird; bei schwacher Rotglut entweicht er zu großem Teil unzersetzt.

Karburation des Leuchtgases. Wie schon bemerkt, kommt ein großer Teil der Leuchtkraft des Gases nicht permanenten Kohlenwasserstoffgasen zu, sondern Dämpfen flüssiger Kohlenwasserstoffe (namentlich Benzol), die bald in größerer, bald in geringerer Menge vorhanden sein können. Solche flüssige Kohlenwasserstoffe von hoher Leuchtkraft sind auch im Teer enthalten sowie in dem natürlichen Petroleum, aus denen sie durch Abdestillation gewonnen werden. Das Leuchtgas ist mit den Dämpfen nicht gesättigt; es könnte noch mehr aufnehmen und dadurch lichtkräftiger werden. Man hat schon frühzeitig daran gedacht, dem Gase solche Dämpfe zuzuführen, indem man es an Ort und Stelle des Konsums durch Apparate strömen ließ, in denen die betreffenden Flüssigkeiten enthalten waren, die dann verdampften und in das Gas eintraten. Eine derartige Schwängerung des Gases mit stark leuchtenden Dämpfen wurde als „Karburation" bezeichnet, das Zeitwort „karburieren" heißt soviel als: mit Dämpfen beladen oder schwängern.

Karburation des Leuchtgases wurde zu verschiedenen Zeiten versucht und wieder aufgegeben. Erst neuerdings hat sie festen Fuß in der Praxis gefunden. Die Schwierigkeit lag in der Beschaffenheit des Karburieröls. Dasselbe bestand früher immer aus einem Gemenge von Kohlenwasserstoffen verschiedener Flüchtigkeit. Beim Durchleiten des Gases gingen die leichtflüchtigen Bestandteile zuerst und in größerer Menge fort, wodurch die Leuchtkraft des Gases in hohem Grad gesteigert wurde; die schwerflüchtigen Oele, die zuletzt nur allein verdampften, konnten die Leuchtkraft des Gases jedoch nur wenig verbessern. So erhielt man immer Licht von wechselnder Helligkeit. Seit wenig Jahren kommt jedoch ein Karburieröl in den Handel, welches von mehr homogener Beschaffenheit ist und gleichmäßige Mengen von Dampf bis zum Schluß an das Gas abgibt. Erst seit dieser Zeit konnte sich die Karburation einbürgern. Das Karburieröl stammt bis jetzt fast ausschließlich aus Oelgasanstalten, in welchen das Gas komprimiert wird, um zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen zu dienen. Bei der Komprimierung schlägt sich nun ein großer Teil der Dämpfe flüssig nieder; diese Flüssigkeit bildet das jetzt verwendete Karburieröl.

Die Karburation des Leuchtgases hat bis jetzt vorzugsweise da Ver-
:ndung gefunden, wo infolge der Ausdehnung der Gasleitung in größeren
ebäuden die Rohrleitungen nicht mehr groß genug sind, um den Bedarf
decken. Die erheblich vergrößerte Leuchtkraft des karburierten Gases ge-
ittet mit einer geringeren Menge Gas auszukommen.

Karburation der Luft; Luftgas. Durch Karburation mit Dämpfen
ichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe in der Kälte kann auch die atmosphärische
ift brennbar und leuchtend gemacht werden. Man hat sich eine Zeit lang,
den siebenziger und achtziger Jahren, vielfach bemüht, zur Herstellung
lchen Luftgases geeignete Apparate zu bauen, die dann in jedem Hause
ifgestellt werden konnten. Es bedurfte hierzu nur eines Gebläses und
nes geeigneten Verdampfungsapparates; die Apparate sind auch mehrfach in
ebrauch genommen worden; nachhaltiger Erfolg wurde jedoch damit nicht
:ielt, so daß die Sache gegenwärtig nur noch eine historische Bedeutung
:sitzt. Es lag dies nicht an den Apparaten, sondern am Prinzip. Das
icht stand nicht billig; es verbreitete bei offenen Flammen stets einen
hwachen Geruch und war von wechselnder Stärke infolge der nicht homo-
:nen Beschaffenheit der Karburierungsöle. In beschränkter Weise findet
is Luftgas jedoch noch heutigentags im Gebläse für kleine Glüh- und
ichmelzoperationen Verwendung, wo es an Stelle des sonst hierfür ver-
endeten Leuchtgases dient.

Karburation des Wassergases. Das an sich nicht leuchtende Wasser-
is kann selbstverständlich durch Karburation mit Dämpfen in der Kälte
enfalls leuchtend gemacht werden. Karburiertes Wassergas ist in Amerika,
is weniger geeignete Gaskohlen besitzt, wie Europa, seit etwa 10 Jahren
ı ausgedehnter Verwendung gekommen. Es soll daselbst $^2/_3$ alles ver-
:auchten Leuchtgases aus karburiertem Wassergas bestehen, nur $^1/_3$ aus
teinkohlengas. Es scheint daselbst die Karburation zumeist auf eine andere,
s die bisher beschriebene Weise vorgenommen zu werden, nämlich in der
itze. Es stehen da zwei Wege zu Gebote:

1. Leichtflüchtige Petroleum-Kohlenwasserstoffdämpfe werden dem Gase
igemengt und dieses alsdann durch glühende Röhren oder dergl. geleitet.
lan nennt dies „Fixieren" der Dämpfe; ein Teil derselben wird unter
ustritt von Wasserstoff in, dem Benzol verwandte, Kohlenwasserstoffe über-
führt („aromatisiert").

2. Es wird in besonderen Retorten oder gleichzeitig mit dem Wassergas
den zu seiner Erzeugung dienenden Apparaten Mineralölgas bereitet aus
n an sich nicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen: Petroleum, Paraffinöl ꝛc.,
er auch aus Cannel- oder Boghead-Schiefern, die bei der Destillation solche
issige Vergasungsstoffe liefern. Das erzielte Oelgas wird dem Wasserstoff-
s beigemengt.

Acetylengas. In neuerer Zeit hat sich die Aufmerksamkeit der ge-
mten Gasindustrie in erhöhtem Maße auf das Acetylengas gelenkt, nach-
m es gelungen ist, diesen, in den durch trockene Destillation erzeugten
asarten in sehr untergeordneten Mengen enthaltenen, leuchtenden Bestand-
il auf verhältnismäßig billige Weise und in beliebigen Mengen herzustellen.
ezüglich der wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften des

Acetylens muß auf das über die einzelnen Gase im allgemeinen Gesagte zurückverwiesen werden.

Wie an zitierter Stelle bereits bemerkt, entsteht Acetylengas am einfachsten durch Zersetzung des Calciumcarbids mittels Wasser, im Sinne der chemischen Gleichung

$$\underset{\text{Calciumcarbid}}{CaC_2} + \underset{\text{Wasser}}{2H_2O} = \underset{\text{Acetylen}}{C_2H_2} + \underset{\text{Aetzkalk.}}{Ca(OH)_2}$$

Es ist nun das Verdienst des Pariser Gelehrten Moissan, gezeigt zu haben, daß Calciumcarbid leicht gebildet werden kann, wenn man ein inniges Gemenge von Kalk und Kohlenpulver mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens zusammenschmilzt. Technisch entwickelt wurde diese Methode von der „Willson Aluminium Company“ in Spray, Nordamerika. Man bedient sich dort eines elektrischen Ofens, ähnlich dem für die Aluminiumerzeugung gebrauchten, der so einfacher Art ist, daß er hier ohne Abbildung beschrieben werden kann. Den eigentlichen Schmelzherd bildet ein dickwandiger Tiegel aus Graphit, außen mit Schamotte bekleidet. In seine Höhlung, bis nahe zum Boden, ragt ein dicker Kohlenstab frei hinein, der durch eine Schraubenspindel nach Bedarf in verschiedenen Höhen eingestellt werden kann. Nach oben wird der Tiegel mittels einer zweiteiligen, mit Ausschnitt für den Kohlenstab versehenen Platte verschlossen. Tiegel und Kohlenstab sind voneinander isoliert gegen den Durchfluß des elektrischen Stromes; beide Teile stehen aber mit je einem Pol einer Elektrizitätsquelle — Dynamomaschine — in Verbindung. Am Boden des Tiegels befindet sich ein gewöhnlich mit Lehm verstopftes Stichloch zum Ablassen der Schmelze.

Das Schmelzgut, Kohle und Kalk, wird in den Tiegel eingetragen, und der Kohlenstab mittels der Schraubenspindel so weit an die Füllung herangebracht, daß ein in den Apparat geschickter Strom durch das Gemisch hindurchgeht. Infolge des hier gebotenen hohen Leitungswiderstandes wird ein großer Teil der Elektrizität in Wärme umgesetzt, wodurch die Masse schmilzt. Es entsteht daraus das Calciumcarbid, welches unten am Tiegel abgelassen wird. Alsbald kann wieder eine neue Beschickung folgen. Nach Moissans Angaben gewinnt man durch einen Strom von 350 Ampère und 70 Volt in etwa 1/4 Stunde 120 bis 150 g Calciumcarbid. In der Praxis gestalten sich jedoch die Ausbeuten erheblich günstiger.

Calciumcarbid ist eine dunkelgraue Substanz vom spezifischen Gewicht 2,26. Zur Erzeugung von Acetylengas hieraus bedarf es nur des Uebergießens mit Wasser, sofort beginnt eine lebhafte Gasentwickelung. Der hinterbleibende Aetzkalk kann anderweitig verwendet werden. Man erhält aus 1 kg Calciumcarbid etwa 1/3 cbm Acetylengas.

Wichtig für die Leuchtgasfabrikation ist nun die Eigenschaft des Acetylens, beim Verbrennen das intensivste Licht unter allen Gasarten zu geben; sie wird als das dreifache von der des Aethylens angegeben, im Schnittbrenner verbrannt beansprucht 1 Normalkerze Licht nur 0,77 bis 0,64 l Acetylengas in der Stunde, je nach Größe und Konstruktion des Brenners. (Zum Vergleich ist hier namhaft zu machen, daß der Auerbrenner dieselbe Lichtmenge von 1 Kerze gibt mit 2,7 l, der gewöhnliche Schnittbrenner mit 11,5 l Steinkohlengas mittlerer Beschaffenheit).

An eine Verdrängung des Leuchtgases durch Acetylengas ist vorerst nicht zu denken; 1 cbm desselben kalkuliert sich auf etwa 1,50 Mark. Selbst zur

Beimengung zu schwach oder nicht leuchtenden Gasen (Steinkohlengas, Wassergas) dürfte es nur in beschränkterem Grade Verwendung finden, da die Gasindustrie im Benzol ein viel billigeres Material zur Karburierung besitzt. Einige Bedeutung kann es wohl erlangen zur Gaserzeugung im Kleinen an solchen Plätzen, wo keine Gasanstalt vorhanden ist. Es spricht hierfür die Einfachheit der Herstellung und der Vorzug, keine kostspieligen Apparate aufstellen zu müssen. Ein Gasentwickeler und Gassammler kleinen Umfangs dürfte genügen.

Acetylengas kann nur aus besonderen Brennern direkt gebrannt werden. Aus den gewöhnlichen erzeugt es eine stark rußende Flamme, es sei denn, daß das Gas vorher mit einer gewissen Luftmenge gemischt wird, welche die Rußausscheidung verhindert. Wegen der möglichen Explosionsgefahr ist hier jedoch Vorsicht geboten.

Gasanalyse.

Für die Technik ist die Analyse der Gase — Bestimmung der Einzelbestandteile eines Gemenges in Volumprozenten — von großer Wichtigkeit; sie hat Aufschluß zu geben über die Zusammensetzung der Leuchtgas-Arten, des Wassergases, des Generatorgases und der Rauchgase. Im Leuchtgas werden bestimmt: Kohlenoxyd, Wasserstoff und Sumpfgas (verdünnende Bestandteile), die gesamte Summe der schweren Kohlenwasserstoffe (lichtgebende Bestandteile), endlich Kohlensäure und Sauerstoff, als Rest Stickstoff (verunreinigende Bestandteile). Im Wassergas sind hauptsächlich zu bestimmen: Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure, im Betrieb der Wassergasbereitung namentlich die letztere. Die Untersuchung des Generatorgases beschränkt sich auf die Bestandteile: Kohlenoxyd und Kohlensäure, eventuell auch Wasserstoff. Von großer Wichtigkeit für die gesamte Industrie ist die Untersuchung der als Verbrennungsprodukte irgend einer Heizungsanlage gelieferten Rauchgase. Bei der Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure ohne Luftüberschuß müssen die Rauchgase 21 Prozent Kohlensäure enthalten; der Rest ist Stickstoff. In der Praxis wird eine derartige, in Bezug auf Wärmeausnützung vollkommendste Verbrennung selten erreicht werden; die Generatorgas-Heizung kommt ihr am nächsten. Bei mangelndem Luftzutritt wie auch bei Luftüberschuß wird die Menge der in den Rauchgasen enthaltenen Kohlensäure geringer sein als 21 Prozent; im ersteren Falle befindet sich neben derselben auch noch Kohlenoxyd. Um die Bestimmung dieser beiden Bestandteile, womöglich auch noch diejenige des Sauerstoffs, wird es sich bei der Analyse der Rauchgase handeln.

Die Grundlage der gasanalytischen Methoden rührt von Bunsen her; andere haben dieselbe für den Gebrauch der Technik ausgebildet, wozu es namentlich des Baues handlicher Apparate bedurfte. Die wichtigsten Methoden der Gasuntersuchung beruhen darauf, daß aus einem bestimmten abgemessenen Volumen des zu untersuchenden Gases die Einzelbestandteile (mit Ausnahme des Sumpfgases) durch geeignete Absorptionsmittel nacheinander entfe[illegible] und der zurückbleibende Gasrest jedesmal wieder gemessen wird. Es di[illegible] zur Absorption für:

Kohlensäure: Kalilauge (1 Gew.-Tl. Aetzkali auf 2 Gew.-Tl. Wasser);
Kohlenoxyd: Kupferchlorürauflösung (entweder alkalisch, durch Lösen von 18,5 g Kupferoxydul in 250 cbcm Ammoniak; oder sauer, gesättigte Auflösung von Kupferchlorür in Salzsäure von etwa 1,10 spez. Gew.);
Sauerstoff: Pyrogallussäure, alkalische Lösung (1 Vol.-Tl. 25prozentige Pyrogallussäure mit 6 Vol.-Tl. 60prozentiger Kalilauge gemischt); oder Phosphor in Stangen;
schwere Kohlenwasserstoffe: rauchende Schwefelsäure;
Wasserstoff: Palladiumschwamm (Absorption bei 100°);
Sumpfgas wird lediglich, Wasserstoff gelegentlich gleichfalls, mittels der sogenannten Explosionsmethode bestimmt, von welcher noch ausführlicher die Rede sein wird. Sie beruht ihrem Wesen nach darauf, daß man das brennbare Gas, mit Sauerstoff gemengt, in starkwandigen Gefäßen explodieren läßt; aus der Volumveränderung läßt sich die Menge des betreffenden Gases berechnen.

Hempels Methode. Abmessen des Gasvolumens. Eine Gasbürette zum Abmessen des Gases ist Fig. 2, Taf. 7, dargestellt (Winklers abgeänderte Gasbürette). Dieselbe besteht aus zwei miteinander durch Gummischlauch in Verbindung gesetzten, auf Stativen befestigten Röhren A und B, deren letztere oben und unten mit Glashähnen D, C, versehen ist. Der Hohlraum der Röhre zwischen beiden Hähnen ist in genau 100 Teile, je 1 cbcm Inhalt entsprechend, eingeteilt; die Graduierung erstreckt sich noch weiter auf fünftel Kubikzentimeter.

Hahn C ist ein sogenannter Dreiwegehahn. Er hat eine von oben nach unten durch das Kücken führende Bohrung und ferner eine andere, welche erst senkrecht gegen die erstere gerichtet ist, dann aber abbiegt und in der Längsrichtung des Kückens verläuft, ins Freie ausmündend. Wie Fig. 3, 4 und 5, Taf. 7, zeigt, können durch verschiedene Kückenstellung dem Hahn dreierlei Wege gegeben werden (a′, b′, c′).

Zur Füllung der Bürette mit Gas wird diese mit ihrem oberen, in eine Spitze auslaufenden Ende E mittels Gummischlauches in Verbindung gesetzt mit der Gasquelle. Hahn D ist geöffnet, der Dreiwegehahn besitzt die Stellung b′ und ist sein zugespitztes Kückenende mit einer Saugpumpe verbunden, durch welche während einiger Minuten Gas durch die Röhre B hindurchgezogen wird. Dann schließt man den Dreiwegehahn (Lage c′), sonach den oberen Hahn. Wenn die Verbindung bei E wieder gelöst ist, so kann durch leichtes Lüften von Hahn D in der Röhre etwa vorhandener Ueberdruck beseitigt werden. Man hat jetzt genau 100 cbcm Gas eingeschlossen.

Absorption des Gases. Um das abgemessene Gasquantum mit einem der oben bezeichneten Absorptionsmittel zusammenzubringen, könnte das mit dem Meßrohr B der Winklerschen Bürette durch Gummischlauch verbundene zweite Rohr A benutzt werden, indem man in dieses die Flüssigkeit einfüllte und nun den Dreiwegehahn öffnete (Stellung a′), so daß bei höherer Lage des Rohres A die Flüssigkeit nach B hinüberfließt. Man wird hiervon jedoch absehen müssen, weil die starken alkalischen oder sauren Auflösungen den Gummischlauch bald zerstören. Hempel hat zum Absorbieren der Gase besondere Pipetten angegeben, deren eine in einfachster Gestalt

Fig. 6, Taf. 7, abgebildet ist, in der von der Firma Erhardt & Metzger in Darmstadt ihr gegebenen Ausführung. Auf einem als Gestell dienenden Metallrahmen sind die durch Rohr d miteinander kommunizierenden Kugeln a und b befestigt, deren erstere, höherliegende, als Reservoir dient und 100 cbcm faßt, die andere als Absorptionsraum 150 cbcm Inhalt. Kugel a mündet aus mit Rohransatz f; Kugel b läuft, nach der anderen Richtung, in ein starkwandiges Glasrohr c mit nur feiner Bohrung aus, welches U-förmig gebogen und zum deutlichen Sichtbarmachen des Inhaltes mit einer weißen Platte hinterlegt ist.

Eine Absorptionspipette zur Aufnahme fester Reagenzien zeigt Fig. 7, Taf. 7, die sich von der vorherbeschriebenen nur in der Gestalt des eigentlichen Absorptionsgefäßes b unterscheidet, indem dieses hier mehr cylindrisch gebaut und unten mit einer weiten verstopfbaren Oeffnung versehen ist, durch welche das feste Absorptionsmittel eingefüllt werden kann.

Ausführung der Analyse. Soll das in der Winklerschen Bürette auf gezeigte Weise abgemessene Gas (100 cbcm) in die Absorptionspipette geschafft werden, so verbindet man Spitze E des Meßrohres mittels kurzer Schlauchstücke und Hilfe eines kapillaren Glasröhrchens mit dem U-förmigen Rohre c der Absorptionspipette. In letztere ist vorher das Absorptionsmittel eingefüllt worden, indem man die Flüssigkeit durch f nach a und b eingoß, bis die Kugel b ganz angefüllt ist; dies wird am ehesten stattfinden beim Neigen des Apparates nach der Seite, a braucht dann keine Flüssigkeit zu enthalten. (Wurde als festes Absorptionsreagens Phosphor verwendet, so wird in gleicher Weise, wie beschrieben, Wasser in den Apparat, Fig. 7, Taf. 7, gefüllt.)

Nunmehr ist auch das Nivellierrohr A der Bürette mit Wasser gefüllt worden, das bis an den Dreiwegehahn heranreicht. Wird derselbe, sowie auch der obere Hahn geöffnet und dabei das Nivellierrohr hoch gehalten, so tritt das Wasser aus letzterem in das Meßrohr hinüber und schiebt das darin befindliche Gas vor sich her. Dieses gelangt jetzt in den Absorptionsraum b, indem es hier die Flüssigkeit teilweise verdrängt und nach Kugel a drückt. Ist alles Gas in die Absorptionspipette geschafft, so wird die letztere oben bei e mittels Quetschhahns geschlossen. Das in b abgesperrte Gasquantum wird mit dem in der größeren Kugel noch vorhandenen Absorptionsmittel während einiger Minuten kräftig geschüttelt, wobei das letztere die betreffende Gasart vollständig verschluckt. (Wird zur Sauerstoffabsorption Phosphor in Stangenform verwendet, so ist kein Schütteln erforderlich.) Sodann wird die Bürette wieder mit der Pipette in Verbindung gesetzt. Erstere ist noch ganz mit Wasser gefüllt; öffnet man daher jetzt die Hähne bei tiefgestelltem Nivellierrohr, so fließt das Wasser wieder in das letztere zurück. Man unterbricht, sobald die Kugel b der Pipette wieder ganz gefüllt ist. Hahn D der Bürette wird nunmehr geschlossen.

Um den im Meßrohr verbleibenden Gasrest ablesen zu können, ist es notwendig, ihn unter Atmosphärendruck zu setzen. Dies erfolgt einfach dadurch, daß man dem Nivellierrohr solche Höhenlage gibt, daß die Wasserspiegel in beiden Röhren sich in einer Ebene befinden (vergl. Fig. 2, Taf. 7). Die fehlende Gasmenge entspricht dem absorbierten Gas in Volumprozenten.

Die Vornahme einer Gasanalyse läßt sich, sofern sie die Bestimmung von Kohlensäure, Kohlenoxyd, Sauerstoff und schweren Kohlenwasserstoffen betrifft, rasch ausführen. Man hält für jede Art der Bestimmung eine mit

dem entsprechenden Absorptionsmittel gefüllte Pipette vorrätig. Die Entnahme einer Gasprobe erfolgt nur einmal, der erstmalig hinterbleibende Gasrest wird in die zweite und dann in die dritte Absorptionspipette übergefüllt.

Wasserstoff-Absorption. Nach Entfernung von Kohlensäure, Kohlenoxyd, Sauerstoff und schweren Kohlenwasserstoffen hinterbleibt als wesentlicher Rest nur noch Wasserstoff und Sumpfgas. Eine Methode, um Wasserstoff durch den einfachen Weg der Absorption bestimmen zu können, ist von Hempel ausgearbeitet worden. Dieselbe gründet sich auf die Eigenschaft des Palladiums, in feinverteiltem, an der Oberfläche oxydierten Zustande (Palladiumschwamm, -schwarz) Wasserstoffgas zu absorbieren. Die Reaktion vollzieht sich am vollkommendsten, wenn das Palladium auf etwa 100° erhitzt wird. Zur Ausführung der Analyse dient die in Fig. 8, Taf. 7, gegebene Zusammenstellung der Apparate. Das Gefäß B ist mit bis zum Siedepunkt erhitztem Wasser gefüllt, in welchem eine das Palladium enthaltende U-Röhre eintaucht. Dieselbe ist nach einer Seite mit der Meßbürette A (deren obere Hälfte nur gezeichnet ist), nach der anderen Seite mit einer Hempelschen Bürette C verbunden. Die letztere enthält nur Wasser und dient dazu, das Gas aus A wiederholt durch B hindurchführen zu können. Dies erfolgt durch Heben und Senken des Nivellierrohres. Indem das Gas die Palladiumröhre passiert, wird in der letzteren der ganze Wasserstoff zurückgehalten. Das heiße Wasser in B wird dann durch solches von Zimmertemperatur ersetzt und das Gas noch 2 bis 3 mal durch die Röhre hin- und hergeführt, um ihm die anfängliche Temperatur wiederzugeben. Ablesung des Gasrestes kann erfolgen, wenn das Nivellierrohr richtig eingestellt ist.

Das Palladium kann durch Hindurchleiten von Luft durch die Röhre zu neuem Gebrauch immer wieder regeneriert werden; es bedarf nur einmaligen Aufwandes von einigen Grammen des Mittels.

Explosionsmethode; Bestimmung von Sumpfgas. Die Bestimmung beruht auf der Verbrennung des Sumpfgases mit Sauerstoff in einem abgeschlossenen Raume, wobei (nach Abkühlung) eine Kontraktion des Gasgemenges erfolgt, nach der Gleichung: 1 Vol. Sumpfgas (CH_4) + 2 Vol. Sauerstoff (O_2) = 1 Vol. Kohlensäure + Wasser. Sind die Gasmengen bekannt, so läßt sich, nachdem die gebildete Kohlensäure durch Kalilauge absorbiert ist, die Sumpfgasmenge berechnen.

Verwendet man zur Verbrennung des Sumpfgases an Stelle des reinen Sauerstoffs atmosphärische Luft (mit 21 Volumprozent Sauerstoff), so findet die Beziehung statt, daß 10,5 Vol. Sumpfgas 100 Vol. Luft beanspruchen.

Bunsen hat dargethan, daß man, um vollständige Verbrennung (Explosion) zu erzielen, auf 100 Raumteile nicht brennbaren Gases nie mehr als 26 bis 64 Raumteile brennbares Gas nehmen dürfe; es wird daher unter Umständen erforderlich, das Verhältnis des explodierbaren Gasgemenges zu vergrößern, was durch Beimengen von Luftknallgas geschehen kann; ein solches, bestehend aus 100 Teilen Luft und 40 Teilen reinem Wasserstoffgas (75 Prozent verbrennliches Gas), wird auf alle Fälle als Zusatz ausreichen.

Für Ausführung der Analyse hat Hempel die Fig. 9, Taf. 7, in der Erhardtschen Form abgebildete Explosionspipette konstruiert. Von den beiden Kugeln, jede etwa 200 cbcm haltend, ist besonders die untere

starkwandig ausgeführt; oben sind zwei sich nahe gegenüberstehende Platindrähte eingeschmolzen, unten befindet sich ein Glashahn, welcher die nach der höher gelegenen Kugel führende Kapillarröhre abschließt. Die Pipette ist mit Wasser angefüllt. Das in der Winklerschen Bürette abgemessene Gas wird in die Pipette gedrückt, dann die zur Verbrennung erforderliche, gleichfalls genau abgemessene Luft und, wenn sich das Gemenge nicht explosiv erweisen sollte, noch eine bestimmte Menge reines Wasserstoffgas mit einer weiteren, zu dessen Verbrennung nötigen Luftmenge. Sodann wird der Glashahn der Pipette geschlossen, sowie das nach oben auslaufende Ende des U-Rohres, welches ganz mit Wasser (aus der Meßbürette) gefüllt sein muß. Durch Ueberleiten eines elektrischen Funkens zwischen den beiden Platindrähten wird das in der Pipette enthaltene Gasgemenge zur Explosion gebracht. Der Rest wird sodann in eine mit Kalilauge gefüllte Pipette geleitet, um die bei der Verbrennung gebildete Kohlensäure zu verschlucken, endlich wird sein Volumen mittels der Bürette genau festgestellt.

Gesetzt es wäre, um ein Rechnungsbeispiel anzuführen, 10 cbcm zu untersuchendes Gas in die Explosionspipette übergeführt worden. Zu seiner Verbrennung werden nun 130 cbcm Luft beigemengt (für 10,5 Sumpfgas genügen schon 100 Luft, siehe oben); und ferner, um eine sichere Explosion zu haben, Luftknallgas, nämlich 16 cbcm reiner Wasserstoff und weitere 40 cbcm Luft. Dieses gesamte Gasgemenge, 196 cbcm, soll sich nach der Explosion und Entfernung der Kohlensäure auf 155 cbcm verringert haben, es sind also 196 — 155 = 41 cbcm verschwunden. Davon mußten auf alle Fälle verschwinden die 16 cbcm Wasserstoff mit 8 cbcm Sauerstoff, zusammen 24 cbcm; die noch verbleibende Kontraktion von 41 — 24 = 17 cbcm resultierte daraus, daß je 1 Vol. Sumpfgas mit 2 Vol. Sauerstoff zusammengetreten und verschwunden sind; $^1/_3$ dieses Restes repräsentiert somit die Menge des vorhanden gewesenen Sumpfgases, gleich 5,7 cbcm oder, da 10 cbcm Gas zur Analyse dienten, 57 Prozent.

Orsatscher Apparat. Ein kompendiöser Apparat zur gleichzeitigen Bestimmung von Kohlensäure, Sauerstoff und Kohlenoxyd — insbesondere verwendbar für Untersuchung von Rauchgasen — rührt von Orsat her. In seiner neuesten, von Erhardt & Metzger angegebenen Form ist der Apparat, dessen Verständnis durch das Vorangegangene leicht klar zu machen, Fig. 10, 11, 12, Taf. 7, abgebildet. A ist die Meßröhre, von oben nach unten in 100 cbcm graduiert; a, b, c die Pipetten mit den Absorptionsflüssigkeiten für Kohlensäure (a), Sauerstoff (b) und Kohlenoxyd (c); d eine mit Glaswolle gefüllte U-Röhre. Das Meßrohr besitzt unten eine Gabelung, deren eine nach dem mit Wasser gefüllten Druckgefäß B führt, die andere nach einer Handsaugpumpe. Beide Abzweigungen können abgesperrt werden. Nach dem U-Rohr führt eine horizontale Röhre mit sehr feiner Bohrung, von deren Mitte aus drei Aeste nach den Absorptionsgefäßen abzweigen. Durch einen sehr kunstvollen Glashahn, der in der Ansicht Fig. 11 und zur Veranschaulichung seiner Bohrungen Fig. 12 abgebildet ist, werden die Abzweigungen in beliebiger Weise verbunden, und zwar zeigt der Griff des Kückens bei jeder Verbindung nach der Richtung des Ausgangsrohres.

Charakteristisch ist die Gestalt der Absorptionspipetten. Jede derselben wird gebildet durch eine U-förmige Röhre mit ausgeweiteten Schenkeln, dessen erster als Absorptionsraum dient und zur Gewährung einer großen

rührungsfläche mit Glasrohrstäben angefüllt ist, die von der Absorbierungsflüssigkeit benetzt werden; der äußere offene Schenkel dient als Reservoir. Den Absorptionsraum erfüllt die Flüssigkeit bis zu einer Marke ihres kapillaren Halses.

Zur Füllung der Meßbürette mit Gas wird das U-Rohr d mit der Gasquelle in Verbindung gesetzt. Durch Bethätigung der Handsaugpumpe wird nun während einiger Zeit Gas durch die Bürette hindurchgeleitet, bis alle Luft daselbst vertrieben ist. Ruß, Staub 2c. wird durch die Füllung der Röhre d zurückgehalten. Sodann wird der Zugang zur Saugpumpe abgesperrt; desgleichen zur Gasquelle, nachdem man durch Ueberleiten von wenig Wasser aus B nach der Bürette A den Spiegel daselbst auf die unterste Marke eingestellt und dadurch 100 cbcm Gas abgemessen hat. Man beginnt nun mit der Bestimmung der Kohlensäure. Absorptionspipette a wird mit Bürette A in Verbindung gesetzt; indem man jetzt letztere von B aus mit Wasser füllt, wird das in ihr befindliche Gas nach der Pipette a hinübergedrückt, woselbst die Flüssigkeit teilweise nach dem offenen Schenkel verdrängt wird. Durch Senken und Heben der Nivellierflasche B wird das Gas mehrmals hin- und hergeführt, um die Absorption der Kohlensäure zu vollenden. Man stellt die Flüssigkeit in a wieder bis zur Marke ein, schließt den Hahn nach der Bürette A ab und bringt den Wasserspiegel in letzterer mit demjenigen in B auf gleiches Niveau; die Ablesung ergibt das absorbierte Kohlensäurevolum. — Es bedarf keiner weiteren Ausführung, wie sodann Sauerstoff und Kohlenoxyd bestimmt werden.

Die Glasteile des Orsatschen Apparates sind in einem Kasten mit hinten und vorn abnehmbarem Deckel montiert, das Ganze besitzt 53 cm Höhe, 27 cm Breite und 17 cm Tiefe; durch einen Handgriff ist der Kasten leicht transportabel.

Buntesche Gasbürette. Der einfachste Apparat zur Rauchgasanalyse ist von Raoult angegeben worden; in einer von Bunte verbesserten Form hat derselbe bei uns Eingang gefunden und bedient man sich desselben häufig an Stelle des Orsatschen Apparates. Die Bürette, Fig. 13, Taf. 7, abgebildet, dient gleichzeitig zum Abmessen des Gases und als Absorptionsgefäß. Bau und Gebrauch desselben läßt sich unter Bezugnahme auf das bei der Analyse nach Hempel gesagte auch hier mit wenigen Worten erläutern. Die Bürette gleicht im wesentlichen der Winklerschen Gasbürette (vergl. S. 42), a ist ein Dreiwegehahn, b ein gewöhnlicher Hahn. Oben ist auf die Bürette ein Trichter t aufgesetzt. Die Meßröhre faßt 100 cbcm und noch etwa 10 cbcm weiter vom Teilstrich 0 abwärts. In die mit Gas gefüllte Röhre wird von ihrem unteren Ende aus mittels eines durch Gummischlauch verbundenen Nivelliergefäßes oder mittels einer Spritzflasche bei geöffnetem Hahn b Wasser gedrückt, bis dessen Spiegel auf Teilstrich 0 einsteht. Sodann gibt man in den Trichter t Wasser, bis eine an demselben angebrachte Marke m erreicht ist. Durch vorsichtiges Oeffnen des Dreiwegehahns a läßt man den Ueberdruck des Gases in der Bürette durch die Wasserfüllung des Trichters hindurch entweichen. Man hat alsdann 100 cbcm Gas eingeschlossen, das unter Atmosphärendruck plus dem Druck der im Trichter vorhandenen Wassersäule steht.

Um jetzt in der Röhre für das Absorptionsmittel Platz zu schaffen, saugt man das Wasser in derselben mittels einer Spritzflasche, bei vorsich-

gem Oeffnen des Hahnes b, bis auf einen verschwindenden Rest heraus. Stellt man nun die Bürette mit ihrem unteren Rohransatz in ein Näpfchen, welches mit Absorptionsflüssigkeit gefüllt ist, so wird letztere beim Oeffnen des Hahns b in der Bürette emporsteigen. Nach Schließen dieses Hahns wird die Bürette mit dem Inhalt geschüttelt, wobei die Absorption vor sich geht. Die letztere ist als beendigt zu betrachten, wenn kein weiteres Quantum von Flüssigkeit beim Einstellen der Bürette in das Näpfchen eingezogen werden kann. Ist dies erreicht, so gibt man wieder Wasser in den Trichter und läßt dasselbe unter vorsichtigem Oeffnen des Hahns a in die Bürette fließen, unter unausgesetztem Nachfüllen bis zur Marke m, so lange, bis nichts mehr einfließt. Man hat jetzt den Gasrest in der Bürette unter genau demselben Druck, wie beim Beginn der Analyse; die Ablesung ergibt hier direkt die Menge des verschluckten Gases in Volumprozenten.

Für das nächstfolgende Absorptionsmittel muß das vorangegangene immer aus der Bürette entfernt werden, was durch Absaugen desselben von unten und nachfolgendes Durchspülen der Bürette mit Wasser, durch Eingießen in den Trichter bei nach unten geöffneten Hähnen a und b, leicht zu bewerkstelligen ist.

Die zum Einführen und Absaugen der Flüssigkeiten erforderliche Spritzflasche wird Fig. 14, Taf. 7, dargestellt; in die zum Teil mit Wasser gefüllte Flasche führen durch einen doppelt durchbohrten Kork zwei Röhren, die eine, b, unter Wasser ausmündend, die andere, a, über dem Flüssigkeitsspiegel. b wird mittels kurzen Gummischlauches mit der unteren Spitze der Gasbürette verbunden. Drückt man mit dem Munde durch Rohr a Luft in die Flasche, so steigt Flüssigkeit aus derselben in dem Rohr b nach der Bürette. Umgekehrt kann man solche aus letzterer entfernen durch Saugen an a.

Die Vergasungsmaterialien.

Sämtliche organischen Gebilde geben, für sich unter Luftabschluß erhitzt, brennbares Gas. Die Art, auf welche sich diese Gasbildung vollzieht, wurde im vorangehenden Abschnitt bereits eingehend erörtert; das folgende Kapitel soll sich nun mit der Frage beschäftigen, welche besonderen organischen Stoffe für die Gasbereitung vornehmlich in Betracht zu ziehen sind.

Vor allem sind namhaft zu machen die eigentlichen Brennmaterialien: die Steinkohle, die Braunkohle, der Torf und das Holz; fernerhin die mehr als Leuchtstoffe und auch zu anderen Zwecken dienenden mineralischen, pflanzlichen und tierischen Fette und Oele, beziehungsweise die Harze, und endlich organische Abfallprodukte.

Der Wert der genannten Stoffe für die Gasbereitung richtet sich hauptsächlich nach dem gegenseitigen Verhältnis, in welchem Kohlenstoff und Wasserstoff in denselben enthalten sind und der Sauerstoff dagegen zurücktritt, da die beiden erstgenannten Grundstoffe vornehmlich die das Leuchtgas zusammensetzenden Gasarten bilden. Die von alters her gebrauchten Leuchtstoffe, die Fette und Oele, stehen hier in erster Linie. Uebertroffen werden sie nur von den mineralischen Leuchtstoffen, da diese keinen Sauerstoff enthalten. Der Wasserstoff überwiegt bei allen diesen Materialien in dem Grade, daß bei der Destillation fast aller Kohlenstoff gasförmig mitgenommen wird und nur eine geringe Menge als solcher in der Retorte zurückbleibt. Man erhält von einem gegebenen Gewicht dieser Stoffe mehr Gas und von größerer Leuchtkraft, als von irgend einem der eigentlichen Brennstoffe. Bei den jüngeren derselben, insbesondere beim Holz, ist zwar, dank der großen Menge Sauerstoff, der namentlich viel Kohlensäure und Kohlenoxyd bildet, die Menge des zurückbleibenden Kohlenstoffs auch nicht gerade beträchtlich, im Mittel ca. 18 Prozent Holzkohle. Das Gas hat jedoch keine erhebliche Leuchtkraft. Steinkohlen geben 60 bis 90 Prozent Rückstand in der Form von Koks. Der größten Ausbeute an Gas entspricht auch nahezu die größte Leuchtkraft. Die kohlenstoffreichste Steinkohle (Anthracit) gibt nur sehr geringe Menge Gas ohne jede Leuchtkraft; das günstigste Verhalten im Hinblick auf Ausbeute und Leuchtkraft gibt die sogenannte backende Flammkohle.



Die Steinkohle.

Alle Brennstoffe sind vegetativer Abstammung; auch die im Innern der Erde gefundenen, die fossilen Brennstoffe, waren ursprünglich dasjenige, was sich jährlich unter der Einwirkung von Sonnenlicht, Wärme und Feuchtigkeit auf der lockeren Erdrinde in Pflanzen der verschiedensten Form bildet: Gräser, Moose, Haide, Gesträuche, Bäume. In dem Torf sehen wir ein Umbilden der abgestorbenen Pflanze vor sich gehen, wie sie vor undenklichen Zeiten auch die Braunkohle und Steinkohle betroffen hat. Tausende, ja vielleicht Millionen von Jahre waren jedoch erforderlich, um das Material durch Uebereinanderwachsen anzuhäufen, welches wir jetzt im Innern der Erde vorfinden. Durch die Erdbewegungen kam das vegetabilische Material unter den Wasserspiegel, Erdmassen wurden aus dem Gebirge auf dasselbe geschwemmt und unter dem ungeheuren Druck wurde es verdichtet; in größeren Tiefen konnte die innere Erdwärme auf dasselbe einwirken und es bei höherer Temperatur zersetzen und schwärzen. Die verschiedenen äußeren Bedingungen, die Zeitdauer der Einwirkung mußten ein Produkt von sehr verschiedenen Eigenschaften herstellen, sowohl nach Gefüge (Festigkeit), wie nach chemischer Zusammensetzung. Im allgemeinen nimmt der Sauerstoff um so mehr ab, der Kohlenstoff um so mehr zu, je älter das Produkt ist, d. h. in je früheren geologischen Formationen es gefunden wird. Während die jüngsten, die Abstammung aus massiven Holzstämmen zeigenden Braunkohlen (Lignit), noch ziemlich sauerstoffreich sind, enthält die älteste Steinkohle (Anthracit) nur noch einige Prozent Sauerstoff; sie besteht fast aus reinem Kohlenstoff.

Eine bestimmte Zusammensetzung der älteren Brennstoffe kann man nicht angeben; es finden sich eben alle Uebergänge. Nur bei dem jüngsten, sich fortwährend neu bildenden Brennstoff, dem Holz, kann man von einer bestimmten Zusammensetzung sprechen. Das Holz besteht dem Gerüste nach aus Holzfaser oder Cellulose, von der chemischen Formel $C_6H_{10}O_5$ entsprechend

44,4 Prozent Kohlenstoff, 6,2 Prozent Wasserstoff, 49,4 Prozent Sauerstoff.

Ihr spezifisches Gewicht ist 1,5. In der lebendigen Pflanze finden sich außerdem noch Säfte, hauptsächlich Wasser (bis zu 50 Prozent), worin verschiedenartige Stoffe gelöst sein können. Man kann solche im allgemeinen als zuckerartige, harzartige und gerbstoffartige bezeichnen; dieselben verändern selbstverständlich die Zusammensetzung der Pflanzen, beziehungsweise des als Brennstoff in Betracht zu ziehenden Holzes. Merkwürdiger Weise unterscheiden sich jedoch die Hölzer in ihrer Zusammensetzung nur sehr wenig von einander im vollkommen trockenen Zustand, so daß man die, zahlreichen Analysen entnommene mittlere Zusammensetzung des Holzes auch ohne Bedenken für pyrotechnische Zwecke als die Zusammensetzung jeder besonderen Holzart ansehen kann. Diese mittlere Zusammensetzung ist

49,4 Prozent Kohlenstoff, 6,4 Prozent Wasserstoff, 44,2 Prozent Sauerstoff.

Man kann also sagen, daß die Hölzer im Mittel in ganz trockenem Zustande zur Hälfte aus Kohlenstoff bestehen. Von dem Wasser, welches sie in frischem Zustand enthalten, geht beim Lagern an der Luft ein großer Teil fort; doch werden im Mittel immer noch 20 Prozent zurückgehalten, so daß das sogenannte lufttrockene Holz nur 40 Prozent Kohlenstoff enthält.

In dem Saft des Holzes sind auch mineralische Stoffe, Erdbestandteile, enthalten, welche zur Ernährung aller Pflanzen durchaus notwendig sind; dieselben bleiben beim Brennen als Asche zurück. Ihr Betrag ist im Holz selbst sehr geringfügig, er läßt sich als im Mittel zu $^1/_2$ Prozent angeben, so daß er für die Zwecke des Holzes als Brennstoff ohne jede Bedeutung ist.

Aus diesem Material haben sich also die älteren Brennstoffe aufgebaut. Wenn wir in denselben zumeist viel mehr Asche finden, als im Holz, so kann dieses nur durch das Wasser zugeschwemmt worden sein, in welchem dieselben ihre erste Umformung erfuhren. Doch konnten, nachdem die Brennstoffe im Innern der Erde fest geworden waren und infolge weiterer Bewegung der Erdrinde sich mit Rissen durchzogen, in diese hinein sich weiterhin noch aus dem durchströmenden Wasser mineralische Stoffe absetzen. So erklärt sich das Vorkommen von kohlensaurem Kalk und von Schwefelkies, welcher sich nur aus schwefelsaurem Eisen gebildet haben kann. Da Schwefel in allen Kohlen gefunden wird, so scheinen die Bedingungen zur Entstehung von schwefelsaurem Eisen zur Zeit der Kohlenbildung allgemeiner Art gewesen zu sein.

Man teilt die Steinkohlen in **starkflammende** und **schwachflammende**; erstere werden zuweilen auch allein als Flammkohlen bezeichnet. Man macht auch einen Unterschied zwischen fetten und mageren Steinkohlen. **Fette Kohlen** sind Flammkohlen, welche in der Hitze teigartig erweichen, in eine Art Schmelzzustand kommen, dabei ihre Form vollständig verändern, wobei es gleichgültig ist, ob sie von vornherein in Stücken oder in Pulver waren. Man bezeichnet die Eigenschaft insbesondere als „Backen", und die Kohle als „Backkohle". Die Eigenschaft kann in höherem oder geringerem Grade entwickelt sein, so daß sich die Kohlen bei der Destillation mehr oder weniger stark aufblähen und einen mehr oder weniger porösen Koks zurücklassen. Unter **mageren Kohlen** versteht man eine solche Kohle, welche wenig flammt und die nicht backt, deren Pulver also beim Erhitzen zusammenhanglos bleibt, wie Sand; eine Eigenschaft, welche auch das Pulver von Holz, Torf und von Braunkohle zeigt.

Die Eigenschaft, nicht zu backen bei der Erhitzung, können nicht nur schwachflammige, sondern auch starkflammige Kohlen zeigen; im allgemeinen bezeichnet man solche Kohlen, deren Pulver bei der Erhitzung zusammenhanglos bleibt, als **Sandkohlen**. Dann gibt es auch noch solche Kohlen, bei denen die Pulverteilchen bei der Erhitzung ein beginnendes Schmelzen zeigen, so daß sie aneinander haften und nach der Destillation einen festen Koks bilden; solche Kohlen bezeichnet man als **Sinterkohlen**. Im festen Stück geglüht verändern Sinterkohlen und Sandkohlen ihre Form nicht, so daß der gebildete Koks genau der angewendeten Kohle entspricht und einen mehr oder weniger hohen Grad von Festigkeit haben kann. Bei den Flammkohlen ist die Festigkeit in der Regel viel größer, als bei der verwendeten Kohle; bei der mageren Kohle nimmt die Festigkeit zumeist ab; diese zeigt sich in der Regel nach dem Glühen, wo nur wenige Prozent Gase fortgegangen sind, im Glanz nicht sehr verschieden von der ursprünglichen Kohle, während die flammenden Sand- und Sinterkohlen immer einen porösen Koks hinterlassen. Die backenden Steinkohlen gehören fast insgesamt zu den weicheren Kohlen; ihr Schmelzkoks hat immer einen höheren Grad von Festigkeit, unter Umständen sogar einen sehr hohen Grad, wenn die backende Kohle nicht sehr viele Gase entwickelt und sich nicht stark aufbläht.

Zuerst Peters hat den Zusammenhang zwischen dem Verhalten der Kohle in der Hitze und ihrem geologischen Alter nachgewiesen. Er hat gezeigt, daß den Kohlen mittleren Alters die Eigenschaft, zu backen, zukommt und daß die jüngeren und älteren Kohlen allmählich aus dem sinternden in den sandigen Charakter übergehen; er hat danach die flammenden Steinkohlen eingeteilt von der Mitte nach oben in backende, sinternde und Sandkohlen; und ebenso die schwachflammigen nach unten in backende, Sinter- und Sandkohle.

Hilt hat dieselbe Einteilung beibehalten, dabei die Namen der einzelnen Arten zum Teil verändert; zugleich hat er das Verhalten der Kohlen in der Hitze in eine gewisse Beziehung zu der Menge des Flüchtigen (Gase und Teer), was er als Bitumen bezeichnet, zu bringen gewußt. Die Zusammensetzung der Kohlen nach Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff erweist sich nämlich nicht allein maßgebend für das Verhalten in der Hitze; fast gleichartig zusammengesetzte Kohlen können sich einmal wie Backkohlen, das andere Mal wie Sandkohlen verhalten. Der Bitumengehalt, d. h. also die Menge bei der Hitze entwickelter Gase, erweist sich dann aber durchaus verschieden.

Würden alle Kohlen vom Anfang bis zum Ende der geologischen Kohlenbildung an derselben Stelle entstanden sein, so ließen sich die Uebergänge der einzelnen Kohlen von oben nach unten genau verfolgen, und man würde alsdann die 6 Hauptarten nach Hilt mit dem folgenden Bitumengehalt erkennen:

1. Sandkohle mit	48 bis 44	Prozent Bitumen,
2. Gasreiche (junge) Sinterkohle	44 bis 40	„ „
3. Backende Gaskohle	40 bis 33	„ „
4. Backkohle	33 bis 15	„ „
5. Gasarme (alte) Sinterkohle .	15 bis 10	„ „
6. Magere (anthracitartige) Kohle	10 bis 5	„ „

(Der eigentliche Anthracit ist hierbei nicht eingerechnet, da er kein Glied der eigentlichen Steinkohlenformation bildet; in Mitteleuropa kommt er nicht vor, England und Rußland besitzen denselben, namentlich kommt er in ausgedehntem Grade in Nordamerika [Pennsylvanien] vor).

Von den Steinkohlen kommen überall nur einige der oben angegebenen Arten im Zusammenhang vor, mitunter nur eine einzige Art. Im folgenden soll nun angegeben werden, welche Arten von den deutschen Steinkohlenlagern vertreten sind:

a) Saarkohlen die Arten 1. 2. 3 der obigen Reihenfolge.
b) Ruhrkohlen 3. 4. 5. mit Uebergängen nach 2 und 6.
c) Worm- und Inderevier (Aachen) 4. 5. 6.
d) Oberschlesische 1. 2, wenig 3.
e) Niederschlesische oder Waldenburger 2. 3.
f) Sächsische 1. 2, besonders 3.
g) Wettin 4, Löbejun 5.
h) Ibbenbühren 4. 5, Osnabrück, Piesberg 6.
i) Schaumburg, Oberkirchen, Minden, Deister, Osterwald, Süntel (im Wealden) 2. 3.
k) Offenburg in Baden 6.

Für die Gasbereitung am geeignetsten erweist sich die unter 3. bezeichnete backende Gaskohle, welche sich reichlich an der Saar und an der Ruhr vorfindet, ferner in Sachsen, weniger hingegen in Oberschlesien.

Während in früheren Zeiten die Koks fast nur aus Sand- und Sinter-Stückkohlen hergestellt wurden, zumeist der jüngeren Art, dienen heutzutage zu diesem Zwecke vorzugsweise backende Kohlen. Dieselben werden zuvor zerkleinert, von Steinen durch eine Art Schlemmverfahren befreit, um sie möglichst aschenarm zu machen und ein ganz gleichförmiges Produkt herzustellen, und dann in großen gemauerten Oefen erhitzt, ähnlich dem Verfahren bei der Leuchtgasbereitung. Von den backenden Kohlen sind hierfür besonders die unter 4. bezeichneten schwachflammigen geeignet, da sie namentlich eine größere Ausbeute geben; doch geben sie auch einen dichteren und härteren Koks, was für manche Zwecke im Hüttenwesen von Vorteil ist. Die reichlichste und beste Kokskohle liefert die Ruhr. In den anderen Lagern wird Gaskohle auch für die Verkokung verwendet. Oberschlesien kann durch Backen erzeugte Koks nur in geringem Grade liefern, hier werden zur Zeit allein noch in Deutschland Koks aus Stückkohlen in Meilern hergestellt.

Die Steinkohlen haben die folgende chemische Zusammensetzung, wobei für Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff die Grenzwerte angegeben sind:

Kohlenstoff,	Wasserstoff	Sauerstoff	Schwefel	Stickstoff
74 bis 91	6,3 bis 3,5	19 bis 4	bis 1,5	bis 1,4 Prozent.

Es entspricht hierbei der kleineren Kohlenstoffmenge der höhere Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt, der größeren Kohlenstoffmenge der kleinere Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt. Erstere Zusammensetzung würde etwa der jüngsten Sandkohle, letztere der ältesten (mageren) Sandkohle zukommen.

Wassergehalt und Aschengehalt ist unberücksichtigt geblieben. Wasser ist in der lufttrockenen Steinkohle im Mittel zu 4 Prozent enthalten. Die Menge der Asche ist sehr wechselnd, bis zu 15 Prozent, und wird bei deren Berücksichtigung der Prozentgehalt an den brennbaren Bestandteilen wesentlich verändert, so daß ein Vergleich mit den anderen Kohlen nicht mehr möglich ist. Bei guter Steinkohle darf der Gehalt an Asche nicht über 7 Prozent steigen.

Das spezifische Gewicht der Steinkohle schwankt zwischen 1,16 bis 1,65 im festen Stück; als Mittelzahl kann man 1,35 annehmen.

Die Zusammensetzung des Anthracits kann man im Mittel angeben zu

Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Schwefel und Stickstoff	
94	3	2	1	Prozent

mit 5 Prozent Asche und Wasser. Sein spezifisches Gewicht geht bis 1,75. Der Anthracit, wie auch die magere anthracitartige Steinkohle geben bei der Destillation nur eine geringe Menge Gase; sie erzeugen demnach beim Brennen nur eine schwache, bläuliche Flamme ohne jede Spur von Leuchtkraft.

Verwitterung und Selbstentzündung der Steinkohle. Für den Gasfabrikanten von Wichtigkeit ist das merkwürdige Verhalten der Steinkohlen, insbesondere der Gaskohlen, beim Lagern auf hohen Haufen, wie dies bei Kohlenvorräten stets der Fall ist, sich merklich zu verändern und zwar zum Nachteil sowohl der Güte als auch der Menge des Materials. Diese Eigenschaft der Steinkohle ist schon seit langem bekannt; man bezeichnet sie gemeinhin als Verwitterung, da sie sich offenbar nur unter dem Einfluß der

Atmosphärilien zu vollziehen vermag. Die Kohle nimmt bei dem Verwitterungsvorgang Sauerstoff auf, um sich mit demselben zu verbinden, zu verbrennen. Wenn diese Verbrennung sich auch nur sehr langsam vollzieht und in der Regel nicht mit Feuererscheinung begleitet ist, so ist sie doch häufig an einer merklichen Steigerung der Temperatur wahrzunehmen, die sogar zur Selbstentzündung der Kohle führen kann.

Anfangs glaubte man, die Verwitterung der Steinkohle beruhe bloß auf der Vereinigung des atmosphärischen Sauerstoffs mit dem Schwefelkies der Steinkohle. Der Schwefelkies (auch Eisenkies oder Pyrit genannt), ist nun allerdings befähigt, Sauerstoff aufzunehmen, indem er durch denselben zu Eisenvitriol oxydiert wird, und es wird durch diesen Vorgang auch thatsächlich Wärme in Freiheit gesetzt. Allein wenn man bedenkt, einen wie geringen Anteil (2 bis 3 Prozent) der Schwefelkies von den mineralischen Bestandteilen der Steinkohle ausmacht, so kann man unmöglich zu der Annahme hinneigen, daß er ausschließlich die Veranlassung zu so ungewöhnlich hohen Temperatursteigungen geben könne.

Für Grundmann ergab sich in der Beobachtung, daß frisch geförderte Steinkohle im allgemeinen niedrigeren Aschengehalt zeigte, als längere Zeit gelagerte Kohle derselben Sorte, der Schlüssel zur Erledigung der Frage der Verwitterung. Es findet also zweifelsohne ein Verlust der Kohlensubstanz statt, hervorgerufen durch das Bestreben des atmosphärischen Sauerstoffs, sich mit der Kohlensubstanz zu verbinden. Um diese Zersetzung der Steinkohle eingehend studieren zu können, benutzte Grundmann zu seinen Untersuchungen eine Kohlenmenge von 3400 Tonnen, welche man eigens zum Zwecke der Beobachtung der Verwitterungserscheinungen einem bestimmten Flötz entnommen und auf die Halde gestürzt hatte. In gewissen Zeiträumen wurden Proben dieses Lagers einer genauen Prüfung unterzogen, die sich insbesondere auf ihre elementare Zusammensetzung und den Brennwert erstreckte. Die Menge der mineralischen Bestandteile, soweit dieselbe in der Asche zur Anschauung gelangt, ändert sich nicht bei der Verwitterung der Steinkohle; setzt man diesen Bestandteil daher als Einheit = 1 und bezieht hierauf die Menge der übrigen Bestandteile, so läßt sich die Größe der Gewichtsveränderungen der letzteren direkt vergleichen, wie aus folgendem Beispiele ersichtlich:

Bestandteile	Kleinkohlen				Stückkohlen		
	Frische Kohle Anfang August	Ende September	Ende Dezember	Ende April	Frische Kohle Ende September	Ende Dezember	Ende April
Asche	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—
Kohlenstoff	17,52	12,42	6,60	6,65	17,85	17,41	16,22
Wasserstoff	1,05	0,75	0,41	0,41	1,10	1,07	1,02
Stickstoff	0,18	0,13	0,08	0,08	0,19	0,20	0,17
Schwefel	0,14	0,11	0,07	0,07	0,16	0,15	0,14
Sauerstoff	2,25	1,74	1,04	1,06	2,34	2,30	2,58
	22,14	16,15	9,20	9,27	22,64	22,13	21,13

Merkwürdig bleibt bei dieser Substanzveränderung die Thatsache, daß das Mengenverhältnis der organischen Bestandteile, also der Kohlensubstanz, selbst nicht wesentlich verändert wird. Nach den vorliegenden Beispielen zeigen sich die Analysen für

	Kleinkohlen		Stückkohle	
	August (frische Kohlen)	April	September (frische Kohlen)	April
Kohlenstoff . . .	82,89	80,42	82,49	80,58
Wasserstoff . . .	4,97	4,95	5,07	5,06
Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel . . .	12,14	14,63	12,44	14,36
	100,00	100,00	100,00	100,00

woraus also hervorgeht, daß bei der Verwitterung die drei Bestandteile der Kohlensubstanz selbst im Verhältnis ihrer Mengen gleichmäßig abnehmen.

In einzelnen Fällen ist auch, nach einiger Zeit des Liegens, wieder eine geringe Gewichtsvermehrung der Kohle beobachtet worden; dieselbe kommt aber wegen ihrer Kleinheit gegenüber der Gewichtsverminderung der wesentlichen Bestandteile nur zum Ausdruck, wenn man der Zusammenstellung den Aschengehalt zu Grunde legt; diese Gewichtsvermehrung besteht nämlich in der Oxydation des Schwefelkieses der Steinkohle, wobei Eisenvitriol gebildet wird, wie bereits oben bemerkt wurde.

Wie das vorliegende Beispiel der Kleinkohlen zeigt, hat sich innerhalb 9 Monaten eine Gewichtsmenge desselben von 22,14 kg vermindert auf 9,27 kg, es sind somit 22,14 bis 9,27 gleich 2,87 kg oder 58 Prozent vom ganzen Kohlenquantum verschwunden. Angesichts solcher Zahlen kann man nicht mehr über die wichtige Bedeutung im Unklaren sein, welche der geschilderten Thatsache beizumessen ist.

Varrentrapp hat die Vorgänge der Verwitterung auf dem experimentellen Wege näher verfolgt, um namentlich die hierzu erforderlichen Bedingungen der Temperaturverhältnisse zu ergründen und die Natur der entweichenden gasförmigen Produkte zu erkennen. Bei diesen Versuchen wurden Kohlensorten verschiedener Herkunft in Pulverform und in abgewogenen Mengen auf Temperaturen von 150 bis 160° erhitzt, Temperaturen, welche beiläufig bemerkt auch beim Lagern großer Steinkohlenhaufen im Innern der Halde auftreten können, wie wir weiter unten sehen werden.

Ueber die erhitzte Steinkohle wurde nun ein langsamer Strom von Luft geführt und wurden die Oxydationsprodukte durch Barytwasser hindurchgeleitet, welches die gebildete Kohlensäure sammelte, aus deren Gewichtsmenge nunmehr die Menge des an der Verwitterung beteiligten Kohlenstoffs durch Rechnung ermittelt werden konnte (3,667 Gewichtsteile Kohlensäure entsprechen 1 Gewichtsteil Kohlenstoff, oder z. B. 2 Gewichtsteilen Steinkohle, deren Kohlenstoffgehalt 50 Prozent beträgt); neben Kohlensäure wurde bei über 140° der Erhitzung hinausgehenden Temperaturen noch Essigsäure gefunden. Das Ergebnis dieser Versuche kommt den Beobachtungen Grundmanns sehr nahe; es hat sich gezeigt, daß bei 100 Tage langem Fortsetzen des Versuches etwa $^1/_3$ des gesamten Kohlenstoffs als Kohlensäure entweichen würde. Daß bei dem Vorgange lediglich die Gegenwart des Sauerstoffs bei erhöhter Temperatur die Veränderungen hervorruft und nicht die letztere allein hierbei beteiligt ist, ergibt sich aus dem Umstande, daß ein Auftreten

von Kohlenwasserstoffen nicht zu beobachten war. Ja sogar ist es durch Richters Untersuchungen als erwiesen zu betrachten, daß die Steinkohle in hohem Grade befähigt ist, Sauerstoff zu verdichten, und erst bei fortgesetzter Erwärmung denselben wieder abzugeben, wobei nunmehr die obigen angedeuteten Oxydationsvorgänge sich vollziehen. Hierfür spricht auch die Beobachtung Barrentrapps, daß sich die Temperatur der Steinkohle beim Erhitzen im Paraffinbad um 10 bis 20° über die Temperatur des letzteren hinaus steigert.

Die folgende Tabelle ergibt einen Ueberblick über die Ergebnisse dieser Untersuchungen.

	Zusammensetzung der frischen Kohlen				Zusammensetzung der auf 200° erhitzten Kohlen			
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff Stickstoff	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff Stickstoff	Asche
a.	84,7	4,0	5,4	6,0	78,4	2,6	13,5	5,4
b.	84,0	3,6	7,1	5,3	78,1	2,7	13,6	5,5
c.	87,0	4,3	5,0	3,8	78,0	2,5	14,3	5,2
d.	81,5	4,3	10,4	3,7	72,7	2,4	21,9	3,0
e.	82,1	4,6	10,9	2,4	74,3	2,8	20,7	2,1
f.	79,6	4,7	10,7	4,9	70,8	2,6	21,5	5,0

Es geht daraus hervor, daß durch die Einwirkung des Sauerstoffs bei höherer Temperatur auf Kohle der Kohlenstoff der letzteren, sowie deren Wasserstoff (durch Bildung von Kohlensäure und Wasser) an Menge sich erheblich vermindert, während der Gehalt an Sauerstoff zunimmt; das Verhältnis ändert sich nur wenig, wenn man in beiden Fällen — vor und nach der Erhitzung — die Mengen der einzelnen Bestandteile auf aschenfreie Substanz bezieht. Was die Zunahme des Gewichts der Asche in einzelnen Fällen betrifft, so ist dieselbe auf die Oxydation des in den Kohlensorten enthaltenen Schwefelkieses zu schwefelsaurem Eisenoxydul zurückzuführen.

Wie schon mehrfach erwähnt worden, wird die Verwitterung der Steinkohle durch eine Temperatursteigerung eingeleitet, welche bis zur Selbstentzündung der Halde führen kann, vor allem aber mit zunehmender Höhe die Zersetzung der Kohle befördert. Bedingt ist diese Temperatursteigerung ohne Zweifel durch die Verdichtung des Sauerstoffs.

Die Wege, welche einzuschlagen sind, um der Verwitterung der Steinkohle vorzubeugen, werden nach den Versuchsergebnissen Grundmanns durch die folgenden Betrachtungen vorgezeichnet:

1. Durch die Einwirkung atmosphärischer Niederschläge wird die Zersetzung der Steinkohlen befördert und beschleunigt, während trocken liegende Kohlen durch die bloße Einwirkung feuchter Luft sich nur wenig verändern.

2. Kohlen in großen Stücken verwittern weniger rasch, als Kohlen in pulverisierter Form.

Es entspricht diese Thatsache der Absorption des Sauerstoffs, deren Größe in einem Verhältnis zur Oberfläche der Steinkohle steht.

3. Sollen Steinkohlen auf dem Lager möglichst wenig durch Verwitterung an ihrem ursprünglichen Wert verlieren, so müssen sie lufttrocken auf

Haufen gebracht, gegen atmosphärische Niederschläge mit einem Schutzdache ausgerüstet sein. Sie sollen jedoch nicht in zu hoher Schicht aufgehäuft sein, damit die sich entwickelnde Wärme durch Leitung auf kürzerem Weg möglichst rasch an die Luft abgegeben werden kann.

Die Anbringung von Luftkanälen, welche lange Zeit hindurch allgemein üblich war und selbst von Feuerversicherungs-Gesellschaften zur Vorschrift gemacht wurde, um die Steinkohlenhaufen im Innern abzukühlen, ist entschieden zu verwerfen.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß man sich in der Wirkung dieser Anordnungen verrechnet hatte; nicht nur war der günstige Erfolg ausgeblieben, es wurde durch einzelne Fälle bewiesen, daß die Selbstentzündung der Steinkohle durch Luftkanäle geradezu gefördert wurde; man beobachtete beispielsweise bei einem derartig ventilierten Kohlenlager der Gasanstalt Danzig alljährlich 5 bis 6 malige Entzündung, derselben wurde erst durch die Abänderung der Anlage ein Ende bereitet.

In der Regel wird eine trockene Lagerung der Kohlen, sowie eine höchste Schichthöhe von 3 m hinreichen, um die Selbstentzündung zu verhüten. Durch eingesteckte Eisenstäbe, deren eines Ende aus dem Kohlenhaufen herausragt und welche nun die Wärme nach außen leiten, läßt sich eine Temperaturzunahme im Innern des Kohlenhaufens durch Befühlen des Eisens mit der Hand leicht verfolgen.

Die Steinkohle vermindert nicht nur ihr Gewicht durch längeres Lagern an der Luft, sie verändert auch ihre Eigenschaften, und zwar in ungünstigem Sinne, namentlich im Hinblick auf Leuchtgasbereitung. Das Gas erweist sich von geringerer Leuchtkraft. Die Kohle büßt auch ihre Eigenschaft, zu backen, ein. Die für die Leuchtgasbereitung dienenden Kohlen dürfen daher nicht zu lange im Freien aufgespeichert werden; sie sollen womöglich unter Dach lagern; auch wird man den Stückkohlen den Vorzug vor dem Gries geben, da letzterer der Veränderung leichter unterworfen ist.

Die Veränderung durch die Einwirkung der Luft erfahren auch die Kohlen, welche zu Tag treten. Senkt sich ein Flötz in die Tiefe, so zeigt sich die Beschaffenheit der Kohle an der Oberfläche verschieden von der Tiefe. Auch in Bergwerken macht man die Beobachtung von einer Veränderung der Eigenschaften der Kohlen, und zwar an den Pfeilern, welche man anfangs stehen läßt. Werden dieselben nach Jahren, nachdem das Flötz abgebaut, zuletzt auch weggenommen, so stellen sie eine anders geartete Kohle dar.

Der Steinkohlenkoks. Der Wert des Koks, welcher aus einer Steinkohlensorte bei deren Vergasung erhalten wird, richtet sich nicht ausschließlich nur nach der erzielten Menge, sondern hauptsächlich nach deren Beschaffenheit. Um die Ansprüche, welche an den Koks gestellt werden, klar zu legen, bedarf es einiger Worte über deren Eigenschaften und Verwendungsweise. Es mag vorausgeschickt werden, daß der Bedarf der Industrie ein sehr bedeutender ist; die Produktion durch die Gasfabriken tritt fast ganz zurück gegenüber derjenigen der eigens zu dem Zwecke eingerichteten Verkokungswerke (Meiler, Oefen), die fast nur an der Fundstätte der Kohle errichtet sind.

Der Koks stellt eine poröse, aber harte Masse dar von grauem Farbenton. Er ist schwer entzündlich, doch nicht mehr, als die ältesten Steinkohlen, mit denen er auch in der Zusammensetzung Aehnlichkeit hat. Er enthält

noch Sauerstoff und Wasserstoff, deren letzte Spuren auch bei den höchsten Temperaturen nicht völlig ausgetrieben werden können. Infolge ihres Sauerstoff- und Wasserstoffgehaltes geben die Koks beim anfänglichen Brennen auch eine schwache Flamme, die jedoch ebenso wenig leuchtet, wie diejenige der Anthracitkohlen. Bei der Gasbereitung wird nie alles bei der gegebenen Retortentemperatur Flüchtige aus den Kohlen ausgetrieben; das Gas würde dadurch nur verdünnt werden auf Kosten eines großen Aufwandes an Brennstoff, da sich die Zeit des Abdestillierens sehr in die Länge ziehen würde.

Die sehr verbreitete Anschauung, daß die Koks, wie auch der Anthracit, einen sehr starken Zug zur Verbrennung erheischten, ist eine irrige. Ist eine größere Masse des einen oder anderen Brennstoffs in ganz kleinen Stücken in einem Feuerherd vorhanden, so kann auch bei dem schwächsten Zug die Verbrennung unterhalten werden, wie das Beispiel der Stubenfüllöfen zeigt; die Glühtemperatur bleibt dann auf geringer Höhe erhalten. Sind die Stücke jedoch groß und lassen sie weite Kanäle, durch welche die Luft leicht mit der aufgenommenen Wärme hindurchströmt, so muß durch starken Zug viel Wärme entwickelt werden, damit die Masse nicht erlösche. Infolge der geringen Flammenbildung verhalten sich jene Brennstoffe anders, als die stark flammenden; man muß dieses bei der Feuerungsanlage, bei der Formgebung des Materiales und bei der Bedienung des Feuers berücksichtigen.

In Bezug auf die Brennbarkeit, d. h. die Leichtigkeit, mit welcher sich das Material mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, verhalten sich nicht alle Koks gleich. Je dichter und härter die Koks sind, um so schwerer sind sie brennbar, je poröser und lockerer sie sind, um so leichter brennbar. Man kann sagen, daß die Brennbarkeit mit dem spezifischen Gewicht parallel läuft. Die Gaskoks (der gewöhnlichen Steinkohle) sind die leichtesten, die lockersten; sie brennen verhältnismäßig am leichtesten. Von den Hüttenkoks kann man wieder verschiedene Sorten unterscheiden, je nachdem solche aus einer jüngeren (Bitumen reicheren) oder älteren (Bitumen ärmeren) Kohle hergestellt sind. Die Saarkoks sind etwas leichter und darum brennbarer, als die Ruhrkoks. Auch der Gang der Destillation, die Raschheit und der Grad der Erwärmung wirkt, wie auf die Ausbeute, so auf die Brennbarkeit der Koks ein. An der Ruhr werden aus derselben Kohle Koks von verschiedenem Charakter gewonnen. Man hat Oefen, welche von Außen durch die Verbrennung der eigenen Destillationsprodukte erhitzt werden, und solche, bei welchen die Wärme im Innern des Ofens selbst dadurch entwickelt wird, daß die Luft in denselben einschlägt; in letzterem Falle werden die Kohlen zu einer höheren Temperatur erhitzt. Der Koks wird dadurch dichter, härter, an der Oberfläche wie geflossen, mit silberartigem Glanz; man nennt solchen auch mitunter Silberkoks; es ist dies die am schwersten brennbare Art. Für manche technische Verwendung dient bald mehr die eine, bald die andere Art. Im Hüttenwesen, namentlich für Gewinnung des Eisens im Hochofen, auch beim Schmelzen desselben im Kupolofen kann man die leichten, zu rasch wegbrennenden Koks nicht verwenden. Die Silberkoks, die immer teuerer im Preise stehen, werden jedoch nur in geringer Menge hergestellt und meist im Hochofenbetrieb an Ort und Stelle verwendet.

Die Gaskoks werden für eigentliche technische Zwecke, abgesehen von Kesselfeuerungen, nur wenig verwendet; sie dienen zumeist für Stubenofenfeuerung, hier sind sie aber auch ganz vorzüglich. Die Hüttenkoks erweisen

Die Vorlage ist in der Regel für sämtliche Retorten einer Ofenbatterie eine gemeinsame.

Zur weiteren Abkühlung und Reinigung wird das Gas, nachdem es die Vorlage verlassen hat, durch ein System von Röhren hindurchgeleitet, welche entweder im Wasser liegen, oder aufrechtstehend durch die Luft gekühlt werden. Die in den einzelnen Windungen dieses Röhrensystems, des Kondensators, sich abscheidenden Produkte werden in einem gemeinschaftlichen Teerbehälter (Cisterne) zusammengeleitet.

Das Gas, welches sich jetzt nahezu auf die Außentemperatur abgekühlt hat, enthält nach der Abscheidung des eigentlichen Teeres noch eine Reihe von Verunreinigungen, von welchen es zu befreien ist, um als gebrauchsfertig zur Verwendung gelangen zu können. Namentlich befinden sich in demselben noch teerartige Dämpfe von niederem Siedepunkt, die durch Abkühlung allein im Betrieb nicht zu entfernen sind. Es gelingt dies jedoch mittels der als Skrubber bezeichneten Appatate, viereckige Kästen oder Cylinder von etwa 3 m Durchmesser und 9 m Höhe, in deren Innern das Gas gezwungen ist, durch Schichten eines lockeren Materials, wie Koks, hindurchzutreten. Hierbei findet das Gas, in vielfacher Berührung mit den festen Substanzteilen, zur Abscheidung seiner teerartigen Dämpfe Gelegenheit. Der mit Teer vollgesogene Koks eignet sich als vortreffliches Heizungsmaterial für die Retortenöfen.

Der Saugapparat (Exhaustor), dessen schon weiter oben Erwähnung geschah, folgt in der Regel unmittelbar nach dem Skrubber; er kann jedoch auch vor demselben Aufstellung finden.

Die von den Retorten bis zum Exhaustor sich vollziehende Reinigung des Gases kann als eine physikalische bezeichnet werden, da sie auf der Abscheidung der Beimengungen durch Abkühlung und Oberflächenanziehung beruht; die nun folgende Beseitigung des Ammoniaks, des Schwefelwasserstoffs und der Kohlensäure wird auf rein chemischem Wege bewirkt.

Um zunächst das Ammoniak aus dem Rohgas zu entfernen, leitet man dieses durch Kästen hindurch, welche ähnlich wie die Skrubber gebaut und gefüllt sind. Der Inhalt dieser Apparate wird beständig durch Wasser überrieselt, welches das Ammoniak vollständig absorbiert; dabei wird ein Teil des Schwefelwasserstoffs und der größte Teil der Kohlensäure mit gebunden. — Den gleichen Zweck erfüllt die Beschickung des Skrubbers mit Superphosphat; es bildet sich in diesem Falle eine als Dünger sehr wertvolle Doppelverbindung, Ammoniak-Superphosphat.

Der Reinigung des Gases von Schwefelwasserstoff ist die größte Sorgfalt zuzuwenden. Sie wird dadurch bewirkt, daß man das Gas mit Eisenoxydhydrat zusammenbringt, welch letzteres den Schwefelwasserstoff unter Bildung von Schwefeleisen bindet (der Rest von Kohlensäure verbleibt im Gas).

Die rotbraune, lockere Masse wird in großen viereckigen Kästen, den Reinigern, in mehreren übereinanderliegenden Abteilungen ausgebreitet, um hier dem zu reinigenden Gase eine große Oberfläche zu bieten. Drei solcher Kästen sind stets im Betriebe, während jeweils ein vierter zur Beschickung mit frischer Reinigungsmasse ausgeschaltet ist.

Das gereinigte Gas wird durch den Gasmesser hindurchgeleitet, welcher dasselbe seiner Raummenge nach mittels eines Zeigerwerks registriert; schließlich wird es in dem Gasometer gesammelt. Es werden diese Behälter durch große cylindrische Glocken dargestellt, die sich in besonderen

Führungen frei bewegen können und nach ihrem unteren offenen Teil durch Wasser einen Abschluß finden. Das Gas befindet sich in den Gasometern unter einem geringen Ueberdruck, wodurch es in den Rohrleitungen nach den Verbrauchsstellen hin bewegt wird.

Die Nebenprodukte der Gasfabrikation: Koks, Teer und Gaswasser sind in Rücksicht ihres Preiswertes und der Menge, in welcher sie auftreten, bei der Kalkulation der Ergiebigkeit einer Anlage wohl mit in Erwägung zu ziehen.

Versuchsgasanstalten. Der Plan einer zu errichtenden Versuchsgasanstalt ist, nach dem Vorschlag der auf S. 59 genannten Kommission, in seinen wesentlichen Punkten in der folgenden Weise zu denken.

Zur Untersuchung auf ihren Wert als Vergasungsmaterial sind vorzugsweise Steinkohlen, seltener Braunkohlen u. a. in Betracht zu ziehen. Diese sind, sofern sie keinen höheren Feuchtigkeitsgehalt besitzen, in einer Menge von etwa jeweils 200 Centnern (1 Doppelwaggon), keiner weiteren Trocknung zu unterwerfen, als daß sie kurze Zeit vor dem Gebrauch in dünner Schicht an der Luft ausgebreitet werden. Große Kohlenstücke sind zu zerschlagen; in Stücken von höchstens 200 cbcm sind sie für die Vergasung am geeignetsten. Die Beschickung der Retorte hat mit der größten zulässigen Kohlenmenge zu geschehen, die letztere ist ihrem Gewichte nach genau zu bestimmen.

Als Versuchsretorten sind die größten der üblichen Retorten von dem Querschnitt des ⌂ zur Anwendung zu bringen; ein Ofen kann 2 bis 6 solcher Retorten besitzen. Die Dichtigkeit der von Haus aus mehr oder weniger porösen Retorten muß durch vorherigen Betrieb bewirkt sein. Ganz neue Retorten sollen bei den Versuchen überhaupt nicht in Verwendung kommen; erst nach einer gewissen Zeit des Gebrauches zeigen sie sich genügend undurchlässig für das Gas. Die Dichtung ist ein Ergebnis des bei der Zersetzung der schweren Kohlenwasserstoffe an den glühenden Wänden der Retorten sich ausscheidenden Kohlenstoffs, welcher in einer dichten Schicht die Retorte von innen auskleidet und deren Poren verstopft. Nehmen diese Schichten an Stärke zu, so muß allerdings der als Retortengraphit bezeichnete Kohlenstoff aus der Retorte entfernt werden, doch wird dadurch die Dichtigkeit der letzteren nicht beeinträchtigt.

Bei dem Vergasungsversuch ist die Temperatur der Retorte auf hellorange, d. h. so hoch zu halten, daß man bei dem Schauen in den Ofen, was vermittelst besonderer Schaulöcher geschehen kann, eben noch alle Retortenumrisse zu unterscheiden vermag, vorausgesetzt, daß sich durch Vorversuche nicht eine andere Temperatur für eine bestimmte Kohlensorte als erforderlich erwiesen haben sollte. Die Retorten sollen in dem Ofen keine seitlichen Abstützungen erhalten und die Deckung zwischen den Retorten behufs Zugkanalbildung keine über 13 cm hinausgehende Dicke besitzen, damit die vom Feuer umspülte Retortenfläche eine möglichst große sei. Dem die Verbrennungsprodukte abführenden Schornstein ist eine Höhe von 16 m und eine Lichtweite von 23 cm zu geben; sein oberer Teil kann aus Eisenblech gebildet sein.

Die Weite der Verbindungsröhren zwischen dem Ofen und den übrigen Apparaten soll 10 cm betragen.

Um zu verhindern, daß bei steigendem Druck die von dem Gasleitungsrohr in der Vorlage abgesperrte Flüssigkeitssäule zu großen Schwankungen

ausgesetzt sei, ist der Vorlage ein solcher Umfang zu geben, daß die von dem Tauchrohr abgesperrte Flüssigkeitsoberfläche nur etwa den zwanzigsten Teil von der gesamten Flüssigkeitsoberfläche besitzt; sie ist ferner mit Vorrichtungen zu versehen, welche ihr rasches Entleeren und wieder Einfüllen gestatten.

Die Kühlapparate sind aus Eisenblech herzustellen und derart einzurichten, daß man am Ausgang nach dem Skrubber bezw. dem Saugapparat unter allen Umständen eine Abkühlung des Gases bis auf 19° C. bewirken kann; tiefer soll die Temperatur des Gases nicht herunter gehen. Um einen raschen Ablauf der verdichteten Produkte zu bewirken, sind die Bodenflächen der Kühler schräg anzulegen. Das Ablaufrohr taucht in einen auf einer Wage stehenden Sammelbehälter von 450 l Inhalt, in welchem die Kondensationsprodukte ihrem Gewichte nach bestimmt werden können.

Nach eben demselben Sammelbehälter führen auch die Ableitungen für die Kondensationsprodukte aus den übrigen Apparaten.

Es ist zweckmäßig, die Bewegung des Gases durch einen Saugapparat zu unterstützen, damit in den Retorten ein möglichst geringer Ueberdruck herrsche, indessen soll dann niemals ein negativer (d. h. geringerer als Atmosphären-) Druck eintreten.

Der Skrubber ist in zwei Abteilungen von je 170 l Inhalt zu teilen. Die Reinigung des Gases in demselben erfolgt durch Einträufeln oder Einspritzen selbstgewonnenen Ammoniakwassers, welches mittels einer Handpumpe befördert wird.

Der Reiniger ist so groß anzulegen, daß auch aus stark schwefelhaltigen Kohlensorten erhaltenes Gas vollkommen gereinigt werden kann. Zu dem Zwecke sind mindestens drei Reinigerkästen aufzustellen. Als Gasreinigungsmasse wird in der Regel die vorhandene Eisenoxydmasse zu verwenden sein; will man die letzte Spur Kohlensäure entfernen, so ist jedoch gebrannter Kalk zu verwenden, der ursprünglich allein üblich war. — Beim Eintritt in den letzten Kasten soll das Gas keinen Schwefelwasserstoffgehalt mehr erkennen lassen, wovon man sich jederzeit dadurch leicht überzeugen kann, daß man das Gas gegen ein mit essigsaurem Blei getränktes Papierchen streichen läßt. Das letztere färbt sich dunkel bei Gegenwart von Schwefelwasserstoff, indem sich schwarzes Schwefelblei bildet.

Die Größe des Gasmessers soll ausreichen, daß der Apparat die aus den Versuchsretorten entwickelten größten Gasmengen noch mit genügender Sicherheit anzeigen kann. Er wird diesem Zweck genügen, wenn er stündlich 25 cbm Gas anzuzeigen vermag. Mittels einer Vorrichtung soll man unmittelbar vor dem Eintritt in die Reiniger aus der Gasleitung zu jeder Zeit eine Probe entnehmen können, welche einem Tausendstel vom Inhalt des Gasmessers entspricht, um diese Gasmenge auf den Gehalt an Schwefelwasserstoff zu prüfen; eine zweite Vorrichtung, welche sich am Ausgang des Gasmessers befindet, soll gleichzeitig gestatten, eine Probe zur Lichtmessung entnehmen zu können.

Der Gasbehälter (Gasometer) hat nur $^1/_{100}$ der Tageserzeugung zu enthalten (für eine Versuchsanlage mit 2 Retorten genügt ein Inhalt von 3 cbm). Seine Höhe sei ziemlich groß im Vergleich zum Durchmesser, und werde die Skala der Glocke derart geteilt, daß ein jeder Zentimeter Höhe derselben einer bestimmten runden Literzahl entspricht. Außerdem ent-

halte die Glocke eine Vorrichtung, welche eine Mischung des gesamten Gasinhaltes gestattet. — Bei Entnahme von sämtlichen Gasproben ist es erforderlich, um jeweils Proben von demselben Reinheitsgrade zu erhalten, daß in den Apparateteilen, von den Skrubbern ab, eine möglichst gleichmäßige Temperatur von 19° C. herrsche; zur Beobachtung und Kontrolle der Wärmeverhältnisse im Innern der Apparate sind daher an geeigneten Stellen Thermometer anzubringen. Desgleichen sind zur genauen Bestimmung der Gasmengen nach Rauminhalt die jeweiligen Barometerstände, beziehungsweise der herrschende Luftdruck, aufzuzeichnen.

Ein allgemeines Schema, nach welcher Richtung hin eine bestimmte Kohlenprobe zu untersuchen sei, kann nicht wohl gegeben werden. Es hat sich dies je nach den Wünschen und Zwecken des Auftraggebers zu richten, welchem auch anheim zu stellen ist, die Gesichtspunkte näher zu bezeichnen, welche ihm in Bezug auf eine vorliegende Kohle von Interesse sind. In den meisten Fällen wird das für die Versuche aufzustellende Programm jedoch in den folgenden Punkten übereinstimmen.

A) Das Gas. 1. Die Ausbeute desselben im Verhältnis zur verbrauchten Kohle ist genau festzustellen.

2. Das spezifische Gewicht des Gases ist zu bestimmen.

3. Es ist zu untersuchen auf einen etwaigen durch die Reinigung nicht entfernten Gehalt an Kohlensäure und Ammoniak.

4. Das erzielte Gas soll auf seine Leuchtkraft nach den Grundsätzen geprüft werden, welche für einheitliche Lichtmessung als Normen angenommen worden sind. Es wäre noch etwa des weiteren diejenige Art des Brenners zu ermitteln, welche für das vorliegende Gas den besten Nutzeffekt ergibt.

B) Der Koks. 1. Die Bestimmung der Koksmenge nach Gewicht und Maß hat zu erfolgen, nachdem der Koks aus den Retorten herausgezogen, ausgebreitet und mit der möglichst geringen Menge Wassers abgelöscht worden ist.

2. Der Heizwert des Koks ist zu ermitteln. Derselbe wird entweder ausgedrückt durch diejenige Menge Wassers, welche durch die Verbrennung der Gewichtseinheit Koks in Dampf übergeführt wird; oder es ist die Menge des Koks anzugeben, welche erforderlich ist, um bei der Heizung die Retorten auf dieselbe Glühhitze zu bringen, welche für die Vergasung einzuhalten ist. Bei dieser letzteren Art des Versuches ist auch die Menge der Rückstände zu bestimmen, welche nach der Verfeuerung des Koks im Aschenfall zurückgeblieben sind.

C) Der Teer und das Gaswasser. 1. Beide sind in dem Behälter, in welchem sie aus dem ganzen Reinigungssystem heraus sich vereinigt haben, nach Gewicht zu bestimmen.

2. Die spezifischen Gewichte beider Teile sind festzustellen, am einfachsten durch Auswägen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge. —

Es wäre nun Sache der Geschäftsführung der Versuchsgasanstalten, die in vorstehendem Sinne erhaltenen Ergebnisse einer Kohlenuntersuchung in einem Protokoll zusammenzufassen und dasselbe, mit einer Beglaubigung versehen, dem Auftraggeber zuzustellen.

Schilling hat den Weg vorgezeichnet, auf welchem es zu ermöglichen ist, mitten im Betriebe einer im größten Maßstabe angelegten Gasanstalt die Ausbeute-Kalkulation für eine bestimmte Kohlensorte zu erlangen, so wie dies durch die Versuchsgasanstalten zu erreichen wäre. Es war bei dieser

Arbeit des Münchener Gastechnikers der Zweck im Auge behalten worden, zu untersuchen, inwieweit die aus der großen Praxis sich ergebenden Erfahrungen im Einklang ständen mit Versuchen, welche unter Einhaltung immer derselben Destillations- und Untersuchungsmethoden geleitet werden.

Schilling benutzte zu seinen Versuchen die mittlere Retorte eines mit 5 Thonretorten ausgestatteten Ofens. Das Aufsteigrohr derselben mündet jedoch im Augenblick des Versuches nicht in die gemeinschaftliche Hydraulik, sondern ist mit dieser durch einen Wechsel außer Verbindung gesetzt, um das entwickelte Gas unmittelbar durch ein zweizölliges schmiedeeisernes Rohr von etwa 15 m Länge unter starker Neigung nach abwärts in einen Kondensator ableiten zu können. Hier können in besonderem Sammelbehälter die Kondensationsprodukte getrennt für sich aufgefangen werden.

Die nun folgenden weiteren Reinigungsapparate, welche sich an die Versuchsretorte anschließen, sind in solchen Größenverhältnissen angelegt, daß sie den Mengen der entwickelten Gase entsprechen; es genügt hierfür, eine höchste Produktion von 1100 cbm anzunehmen. Vermittelst eines in die Gasuhr eingelassenen Thermometers ist an dieser Stelle die Temperatur des Gases zu beobachten. Das Gas nimmt von hier aus den Weg nach dem gemeinsamen Gasometer, wo es sich mit dem bereits vorhandenen Leuchtgas vermischt.

Um nun dem System dieser in sich selbst geschlossenen kleinen Gasanlage jederzeit eine verhältnismäßig kleine Probe gereinigten Gases entnehmen zu können, welche auch genau der innerhalb der Zeit der Entnahme entwickelten Gasmenge entspricht, hat Schilling einen besonderen kleinen Exhaustor in sinnreicher Weise derart mit der Gasuhr verbunden, daß ersterer durch die Drehung der letzteren bewegt wird und damit in demselben Verhältnis eine Gasmenge ansaugt, in welchem dieselbe entwickelt wird, beziehungsweise durch die Gasuhr hindurchgeht.

Die Einrichtung des Exhaustors, welche durch Fig. 15, Taf. 14, im Schema gezeigt wird, ist die folgende. Der Apparat stellt einen Glockenexhaustor dar. Die Glocke selbst besteht aus Glas; sie mag 15 cm Durchmesser besitzen. Zwischen einer Führung kann sie, durch einen schweren Körper im Gleichgewicht gehalten, geradlinig auf und ab bewegt werden, welche Bewegung ihr durch ein Rad mit einer Kurbel verliehen wird. Die Kurbel ist geschlitzt; dadurch kann, je nachdem man die Pleuelstange einstellt, die Hubhöhe des Exhaustors nach Belieben geregelt werden.

Der Behälter, in welchem sich die Glocke bewegt, ist aus Metallblech gefertigt; er steht auf Füßen, die ihn vom Boden abheben, und trägt oben die zuvor genannte Führung für die Glocke. Die Zu- und Ableitung des Gases wird durch ein und dasselbe Rohr vermittelt, welches durch den Boden des Behälters geführt ist und über der Oberfläche der Flüssigkeit ausmündet, welche den Hohlraum der Glocke gegen außen hydraulisch abschließt. Der Apparat saugt daher bei der Aufwärtsbewegung der Glocke, und drückt, sobald diese niedergeht. Damit nun die Bewegung der aus der Gasanlage zu entnehmenden Probe nur nach einer Richtung hin erfolge, sind in die Leitung die beiden auf der Figur sichtbaren Flaschen eingeschaltet, deren Einrichtung und Wirkungsweise noch deutlicher durch die schematische Zeichnung Fig. 16, Taf. 14, zur Anschauung gebracht wird. Beim Hube der Glocke wird das Gas aus der Leitung heraus angesaugt, gelangt durch a in der Richtung der großen Pfeile nach der Flasche A, indem

es hier den durch Wasserabschluß bewirkten geringen Widerstand überwindet und nunmehr ungehindert auf dem Wege b c bis in die Glocke sich fortbewegt. Die Verbindung des Inhalts der Flasche B ist bei dieser Bewegungsrichtung des Gases durch Wasser abgeschlossen. Senkt sich jetzt die Glocke, so treibt sie das vorhin angesaugte Gas wieder zu dem Aufsteigrohre hinaus und auf dem Wege c b und c d nach den beiden Flaschen. Der geringe Ueberdruck pflanzt sich durch das ganze System der beiden Flaschen fort; er findet indessen den geringsten Widerstand in B. Indem das Gas hier den Wasserverschluß überwindet, bewegt es sich in der Richtung der Leitung c d B e. Der Weg der ausströmenden Bewegung des Gases verläuft also in der Richtung der kleinen Pfeile der Zeichnung, das gesamte Ergebnis ist eine Fortwegung des Gases von a nach e. In der Hauptfigur ist der Augenblick der niedergehenden Glocke dargestellt; das Gas ist in der ersten Flasche durch den hydraulischen Abschluß verhindert, in die Gasanlage zurückzutreten, während es in der zweiten Flasche durch das Wasser hindurch in Blasen aufsteigt und weiter nach dem Gasbehälter befördert wird. Selbstverständlich müssen die Druckverhältnisse innerhalb des Saugapparates, wie überhaupt in der ganzen Versuchsanlage, beziehungsweise dem gemeinsamen Gasometer, immer dieselben bleiben, wenn man vergleichbare Gasmengen erhalten will, da der Gasmesser die gelieferte Gasmenge nur nach Raumteilen bestimmt. Die Druckdifferenzen, welche durch die auf- und abwärtsgehende Bewegung des Saugapparates bedingt werden, sind sich in den entsprechenden Bewegungsrichtungen stets gleichbleibende, da sie durch die Höhe der Wasserstände in den beiden Sperrgläsern bestimmt sind.

Wie schon oben bemerkt, ist der Saugapparat mit dem Gasmesser in der Weise zu verbinden, daß er von dem letzteren die Bewegung erhält und so einen sich immer gleichbleibenden Bruchteil der gesamten Gasproduktion aus der Versuchsanlage entnimmt. Es geschieht dies mittels einer Zahnradübersetzung, die nach Belieben unterbrochen und wiederhergestellt werden kann; desgleichen ist es ermöglicht, den ganzen Saugapparat mittels dreier, an seiner Grundplatte befindlicher Stellschrauben genau einzurichten. Außerdem ist zur Einleitung des Versuches die Verbindung der Retorte mit der allgemeinen Hydraulik zu unterbrechen, der Stand des Gasmessers zu notieren, die Verbindung des Exhaustors und des Gasometers mittels eines Gummischlauches herzustellen; im übrigen sind dieselben Bedingungen zu beobachten, welche auch bei der früher beschriebenen Versuchsanlage einzuhalten sind. Sobald die heiße Retorte mit Kohle beschickt ist, beginnt die Gasentwickelung, die Trommel des Gasmessers wird in Drehung versetzt und gleichzeitig damit der Exhaustor betrieben. Während des Verlaufs der Vergasung ist der Stand des Gasmessers beziehungsweise die Produktion an Gas viertelstündlich aufzuzeichnen; desgleichen ist die Temperatur des Gases zu bestimmen und der Druck auf seine Gleichmäßigkeit zu beobachten. Beispiele derartiger Versuchsergebnisse sollen weiter unten näher angeführt werden. Die Vergasung wird bei solchen Versuchen jeweils bis zu Ende zu führen sein, obwohl dies der in der Praxis üblichen Betriebsweise nicht entspricht, wo man die Vergasung zweckmäßig gegen deren Ende abbricht. Die vollständige Vergasung einer Ladung von 90 kg Kohlen wird in 4 bis 5 Stunden vollzogen sein. Die Mengen der erzielten Produkte sowie deren Untersuchung auf ihre qualitativen Eigenschaften kann in der für die Versuchsgasanstalten vorgezeichneten Richtung erfolgen.

Was nun zunächst das Ergebnis der Versuche betrifft, welche Schilling im Auge hatte, so hat es sich gezeigt, daß die auf vorgezeichnetem Wege erhaltene Gasausbeute jeweils eine viel größere ist, als die im großen praktischen Betrieb aus derselben Kohlensorte erzielte; die Qualität dieses Gases ist aber im Hinblick auf Leuchtkraft eine geringere. Dieselben Verhältnisse dürften auch bei der Produktion der kleinen Versuchsgasanstalten vorliegen. Es folgt hieraus, daß die mittels solch kleiner Gasanlagen erzielten Ergebnisse nicht zu absoluten Zahlen über den Wert der Gaskohlen führen; sie können aber wohl dazu dienen, vergleichbare Werte festzustellen.

Die Ursache der mangelnden Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen des großen Betriebes und denjenigen des kleinen Versuches ist ein nahegelegener. Man sieht sich eben bei dem Versuche darauf angewiesen, alles Gas aus der Kohle auszutreiben, das sich durch die Erhitzung daraus entwickeln läßt; anders könnten die Versuchsergebnisse untereinander sich nicht vergleichen lassen, wiewohl dieses Verfahren der Gasbereitung der praktischen Ausführung im Betriebe nicht ganz entspricht. — Man erhält aber bei der Leitung des Versuches jeweils die denkbar größte Menge Gas, welche die vorliegende Kohle zu liefern im stande ist. Wie weiter unten gezeigt werden soll, wiegen aber gerade bei den gegen Ende der Operation auftretenden Bestandteilen des Rohgases die Lichtträger, Wasserstoff und Sumpfgas, gegenüber den schweren Kohlenwasserstoffen in viel größerer Menge vor, als zu Anfang; daher das gegen Ende der Vergasung erhaltene Leuchtgas von nur geringer Leuchtkraft ist, und dasselbe, der Gesamtmenge des aus einer Retortenladung entwickelten Gases hinzugefügt, die Lichtstärke der Flamme herunterdrückt.

Als Beispiel eines Versuches seien die folgenden Aufzeichnungen angeführt, die sich auf die Entgasung einer Plattenkohle aus dem Humboldtschacht des Westböhmischen Bergbauvereins in Pilsen beziehen. Die Ladung der Retorte wog 90 kg; Raummenge der Kohle 1,56 hl.

Zeitdauer der Destillation in Viertelstunden	Temperatur der Beobachtung	Produktion in Litern	Produktion innerhalb ganzer Stunden; bei 10° C.
1	15	2775	10275
2	16	2407	
3	16	2577	
4	17	2747	
5	17	3342	10972
6	17,5	2634	
7	17	2889	
8	17,5	2407	
9	17,5	2630	7288
10	17,5	2322	
11	17	1671	
12	17,5	878	
13	18	425	604
14	18,5	198	
	Gesamtmenge	29902	29139

Spez. Gewicht des Gases = 0,516.
Gehalt an Kohlensäure = 0.

105 l Gas in der Stunde ergeben bei der Lichtmessung 17,8 Normalkerzen.

Koksausbeute = 47,5 kg.
Teerausbeute = 5,4 „
Gaswasser = 13,6 „

Dem Gewichte nach wurden erhalten aus 90 kg Kohlen:

29139 cbm Gas vom spez. Gew. 0,516	= 18,735 kg.
Koks	= 47,5 „
Teer und Gaswasser	= 19,0 „
Reinigung und Verlust	= 4,765 „
	90,000 kg.

Hiernach berechnet sich die Ausbeute für 100 kg der vorliegenden Kohlensorte zu:

32,4 cbm Gas,
52,1 kg Koks,
6,0 „ Teer,
15,1 „ Gaswasser.

Leuchtkraft für 150 l in der Stunde = 25,4 Normalkerzen.

Umfassendere Arbeiten über Kohlenuntersuchungen (Gaskohlen und Braunkohlen) nach vorgezeichnetem Schema sind vom Urheber dieser Prüfungsmethode selbst seit Anfang der 60er Jahre in großer Anzahl vorgenommen worden. Die Aufzeichnungen darüber finden sich — teils ausführlich, wie in obiger Darstellung, teils bloß in den Endresultaten — zerstreut im „Journal für Gasbeleuchtung". Hinsichtlich derselben verdient bemerkt zu werden, daß der Kohlensäuregehalt des gereinigten Gases, auf welchen stets geprüft wurde, nur mit Ausnahme vereinzelter Fälle gleich Null gefunden wurde. Es ist dies insofern bei derartigen Untersuchungen von Bedeutung, als etwa vorhandene Kohlensäure die Leuchtkraft des Gases in erheblichem Maße beeinträchtigen würde.

Nachfolgend seien die Grenzwerte einer Reihe von Untersuchungen angeführt, wobei zu bemerken ist, daß die Retortenladung bei den Versuchen in der Regel 75 kg betragen hat. Die 4 erstern Kohlen stammen aus deutschen Becken, die 3 anderen aus böhmischen, wobei zu bemerken, daß die Pilsener Plattenkohle und Falkenauer Braunkohle in Deutschland vielfach als Zusatz zur Verstärkung der Leuchtkraft verwendet werden.

Bezeichnung der Kohlen	Zahl der untersuchten Sorten	100 kg Kohle liefern Gas in cbm		Spez. Gewicht des Gases		Leuchtkraft von 150 l Gas		Koksausbeute in Gewichtsprozenten	
		Grenzwerte	Mittel	Grenzwerte	Mittel	Grenzwerte	Mittel	Grenzwerte	Mittel
Westfälische Kohlen	9	30,4—34,7	32,9	0,40—0,47	0,43	5,5— 9,9	7,6	66—72	69
Saarbrücker Kohlen	11	29,3—34,8	31,6	0,40—0,42	0,41	9,3—11,3	10,3	61—69	67
Zwickauer Kohlen	8	28,4—30,5	27,3	0,43—0,48	0,46	8,4—13,3	11,0	52—57	56
Niederschlesisch. Kohlen	4	32,1—32,8	32,7	0,43—0,44	0,43	5,3— 7,2	6,2	65—71	68
Pilsener Steinkohlen	20	25,8—30,0	28,4	0,40—0,46	0,43	5,1—12,5	10,9	57—70	63
Pilsener Plattenkohlen	4	30,9—35,1	33,4	0,52—0,54	0,53	23,9—25,5	24,4	51—54	53
Falkenauer Braunkohlen	2	32,5—32,6	32,6	0,55—0,56	0,55	24,3—24,9	24,6	35—36	35

Wenn man diese Aufzeichnungen vergleicht mit den Ergebnissen des praktischen Betriebes, welche sofort angegeben werden sollen, so finden wir hinsichtlich der höheren Gasausbeuten eine Bestätigung des früher (S. 68 oben) Gesagten; sie sind darauf zurückzuführen, daß man bei den Versuchen die Entgasung der Kohle bis zu deren Ende getrieben hatte. Dieses Mehr an Gasausbeute beträgt (bei Niederschlesischen Kohlen) bis 6 cbm pro 100 kg Kohle; für Plattenkohle und Falkenauer Kohle beträgt die größere Ausbeute nur etwa 1/2 cbm. Die Leuchtkraft des Gases hingegen ist bei den Versuchen stets eine geringere, als bei dem Gas der großen Anstalten.

Ergebnisse aus der Praxis. Es ist äußerst lehrreich, mit obigen Versuchsergebnissen die im großen Betrieb der Gasfabriken erhaltenen, zahlreich vorhandenen Aufzeichnungen in Vergleich zu bringen, da nach den letzteren die Gaskohlen immer auf ihren wirklichen Wert taxiert werden müssen.

Ein sehr umfangreiches statistisches Material über die in deutschen Gasanstalten verwendeten Kohlen hat Schilling für sein „Handbuch der Gasbeleuchtung" verarbeitet und die daraus gezogenen Schlüsse in einer Tabelle zusammengestellt, deren Inhalt sich im folgenden wiedergeben läßt:

1. Aus Westfälischen Gaskohlen werden als äußerste Grenzwerte 27,0 bis 30,4 cbm Gas pro 100 kg Kohle gewonnen. Die Koksausbeute beträgt 60 bis 69 kg; 1 hl derselben wiegt 39 bis 42 kg. Die Beschaffenheit des Koks ist dicht, hart, groß; beim Lagern erhält man höchstens 10 Prozent Gries.

2. Saarbrücker (Heinitz-) Kohlen liefern 26,5 bis 29,1 cbm Gas und 57 bis 65 kg Koks; 1 hl des letzteren wiegt 36 bis 40 kg. Koks wird in mittelgroßen Stücken erhalten, er ist ziemlich dicht, gibt etwas mehr Gries, wie derjenige aus vorgenannter Gaskohle.

3. Zwickauer Kohlen entwickeln bei der Vergasung 24,9 bis 26,6 cbm Gas und hinterlassen 50 bis 60 kg Koks, wovon auf 1 hl 38 bis 42 kg gehen. Die Beschaffenheit des Koks läßt zu wünschen übrig, da er porös, klein und von geringer Festigkeit ist.

4. Die Niederschlesischen Kohlen ergeben 25 bis 27,3 cbm Gas. Gewicht des Koks aus 100 kg Kohle schwankt zwischen 65 und 72 kg, der Hektoliter des Koks wiegt 41 bis 47 kg. Der Koks wird ziemlich großstückig erhalten; er ist jedoch porös, mürbe und fällt bald in Stücken auseinander.

5. Die Ausbeute der Oberschlesischen Kohlen beträgt an Gas 27,4 bis 28,4 cbm; an Koks 62 bis 70 kg; wobei 1 hl des letzteren 41 bis 45 kg wiegen. Der dichte, kleine Koks ist hart, ein vorzügliches Brennmaterial.

6. Aus Pilsener Steinkohlen erhält man 24 bis 27 cbm Gas und 50 bis 60 kg Koks. Gewicht von 1 hl des letzteren 33 bis 37 kg. Hinsichtlich des Koks kann das nämliche gesagt werden, wie bei vorgenanntem.

7. Die Plattenkohlen des Pilsener Beckens, die schon als Zusatzkohlen Verwendnng finden, liefern aus 100 kg: an Gas 31 bis 34 cbm, an Koks 51 kg, von welchem 1 hl 33 bis 37 kg fassen. Der Koks ist schieferig, klein und von nur geringem Wert.

8. Fast dieselbe Gasausbeute geben Falkenauer Braunkohlen, nämlich 31 bis 33,4 cbm. Dagegen erhält man nur 33 kg Koks, welcher der Qualität nach noch dem aus Plattenkohle erhaltenen nachsteht. Auf den Hektoliter gehen 40 bis 45 kg.

Zusatzkohlen. Es wurde schon wiederholt bemerkt, daß Gasausbeute und Leuchtkraft nicht als einzige Faktoren für die Wertschätzung eines Vergasungsmaterials in Betracht kommen; vielmehr muß gleichzeitig berücksichtigt werden, daß man in dem festen Rückstand einen als Brennmaterial brauchbaren Koks erhält. Die Gasanstalten können nur dann als vorteilhafte Unternehmungen bestehen, wenn sie diesen Forderungen gerecht werden. Alle diejenigen Vergasungsmaterialien daher, welche das leuchtkräftigste Gas und große Mengen desselben zu liefern vermögen, und die wir früher als bituminöse Schiefer u. a. kennen gelernt haben, eignen sich zur ausschließlichen Verarbeitung auf Gas durchaus nicht, weil sie keinen Koks ergeben. Wohl aber können solche Materialien als Zusätze in kleinen Mengen zu den eigentlichen Gaskohlen zur Aufbesserung der letzteren hinsichtlich des zu erhaltenden Leuchtgases Verwendung finden; in der Technik macht man hiervon ausgiebigen Gebrauch. Durch die geringen Beimengungen werden also Gasausbeute und Leuchtkraft erhöht; die geringe Menge unverwendbarer Koks kommt ökonomisch nicht in Betracht.

Es liegt auf der Hand, daß man durch Verwendung zweier oder mehrerer Kohlensorten, deren Verhalten bei der Vergasung bekannt ist, nach Belieben die Eigenschaften der zu erhaltenden Produkte im Voraus zu bestimmen vermag; wenigstens sofern es die Leuchtkraft und Menge der gasförmigen Produkte betrifft. Daher ist es insbesondere von Wichtigkeit, Gasausbeute und Leuchtkraft der sogenannten Aufbesserungsmaterialien zu kennen, mit welchen die Gaskohlen vermengt werden sollen. Direktor Schiele von der Frankfurter Gasgesellschaft hat in dieser Richtung umfangreiche Beobachtungen an den verschiedensten zur Aufbesserung des Leuchtgases in Frage kommenden Materialien gemacht, die nachfolgend mitgeteilt werden sollen. In der Tabelle ist zum Vergleich unter A eine Reihe gewöhnlicher Gaskohlen vorangestellt, B bis E umfaßt dann die Aufbesserungsmaterialien.

Versuchsjahr	Namen der Rohstoffe	1 hl wog kg	100 kg gaben			1 hl gab		Leuchtkraft*)	Spez. Gewicht des Gases	Beschaffenheit des Koks
			Gas cbm	Koks kg	Gries kg	Koks hl	Gries hl			
	A) Steinkohlen.									
	1. Aus dem Saargebiet:									
1880	Camphausen	78,0	32,8	64,5	8,0	1,3	0,1	17,0	0,418	gut und fest
1884	von der Heydt	82,3	28,6	41,8	26,2	0,9	0,4	18,0	0,453	kleinstückig, weich
	2. Aus Westfalen:									
1881	Alma	73,6	28,3	67,8	9,5	1,4	0,2	19,0	0,444	gut
1886	Hugo	78,3	29,5	62,9	5,2	1,3	0,1	25,6	0,445	fest und gut
	3. Aus England:									
1878	Dalmacoulter	63,4	30,0	51,4	8,1	0,9	0,1	19,5	0,485	kleinstückig, sehr gut
1885	Drumpeller	66,9	31,5	46,9	5,0	0,8	0,1	20,0	0,420	fest, brennt schwer
	B) Cannelkohlen.									
	Aus Schottland:									
1885	Abrams	62,8	36,7	46,8	5,6	0,8	0,1	**36,0**	0,529	schön, fest; Stubenbrand
1882	Airdriehill I	62,0	35,0	43,6	7,8	0,7	0,1	**40,0**	0,548	gut für Stubenbrand
1879	Arniston	60,5	31,3	42,1	7,3	0,7	0,9	**30,0**	0,534	kleinstückig, brennt gut
1883	Balbardie	63,6	36,9	48,9	6,2	0,8	0,1	**28,0**	0,460	klein, hart, gut
1883	"	64,7	38,9	48,2	5,7	0,8	0,1	**28,0**	0,468	" " "
1880	Bellsdyke	61,0	33,1	48,3	4,3	0,8	0,1	**36,0**	0,543	kleinstückig, fest, gut
1881	"	56,0	37,0	46,5	0,5	0,8	0,1	**28,0**	0,509	" " "

	Aus Deutschland:									
1885	Zeche Consolidation, neues Flötz	72,3	36,3	49,8	6,6	0,9	0,1	27,0	0,469	klein, hart, rein, gut
	D) Braunkohlen.									
	Aus Böhmen:									
1886	Grünlasser	69,5	29,7	39,1		0,5		28,0	0,530	griesig, unbrauchbar
1867	Falkenauer, braun . . .	51,6	30,0	35,7		0,5		28,8	0,557	schaumig, koksartig, kein Brennstoff
1867	„ schwarz . .	57,2	32,2	34,5		0,5		28,0	0,559	
1866	„ gemischt . .	60,4	41,4	35,9		0,5		24,9	0,532	
1867	„ „ . .	62,1	29,2	—		—		25,2	0,546	
	E) Bituminöser Schiefer.									
	1. **Aus Schottland:**									
1885	Airdriehill II	58,0	34,6	48,2	1,1	0,8	0,1	31,0	0,520	unbrauchbar, 56 Proz. Asche
1882	Gartleerood	58,7	36,8	43,0	6,3	0,8	0,1	35,0	0,512	„
1879	Greenhill.	68,7	24,7	56,5	10,6	0,8	0,1	29,0	0,538	„ hart, schieferig
	2. **Aus Australien:**									
1880	Kerosene Shale. . . .	51,6	40,2	20,9	9,2	0,3	0,1	50,0	0,606	kein Heizstoff
1881	Boghead-Cannel. . . .	51,6	41,6	21,2	12,7	0,3	0,1	48,0	0,626	56 bis 87% Asche, schieferig
1884	„ „ dunklere .	52,6	39,5	28,5	7,5	0,5	0,1	51,0	0,582	44% „ schieferig

*) Bezieht sich auf die Leuchtkraft in Normalkerzen bei einem stündlichen Verbrauch von 150 l Gas; ausnahmsweise ist den Angaben über die Falkenauer Braunkohlen ein Gasverbrauch von 113 l zu Grunde gelegt.

Zusammensetzung des Gases nach dem Fortschritt der Destillation.

Die Natur der bei der trockenen Destillation der Steinkohlen auftretenden gasförmigen Produkte ist in demjenigen Teil dieses Werkes, welcher über die Vergasungsprodukte der organischen Körper im allgemeinen handelt, ausführlich beschrieben worden. Auch die Mengen an Gas, welche aus den einzelnen Steinkohlen, einschließlich der sogenannten Aufbesserungsmaterialien, sich erhalten lassen unter Beobachtung der üblichen Betriebsregeln, sind schon an verschiedenen Stellen, namentlich in dem vorangegangenen Abschnitte, genannt worden. Im nachfolgenden sollen die Verhältnisse studiert werden, nach welchen die einzelnen gasförmigen Bestandteile der Steinkohlendestillation im Verlaufe des Prozesses auftreten.

Die im regelrechten Betriebe oder bei Versuchsvergasungen mit nur einer Retorte aus einem Vergasungsmaterial erhaltene Gesamtausbeute wird bei der Prüfung stets annähernd die nämliche Zusammensetzung der Destillationsprodukte, insbesondere der gasförmigen, zu erkennen geben. Nicht so, wenn man während des Verlaufes einer Operation die nach und nach sich entwickelnden Produkte untersucht; man wird hier stets finden, daß die Zusammensetzung der letzteren den Mengenverhältnissen nach, von Anfang der Vergasung bis zu deren Ende, nach bestimmter Richtung hin sich fortwährend verändert. Diese Erscheinung kann auf zweierlei hauptsächliche Ursachen zurückgeführt werden. Zunächst wird die Kohle, nach frischer Beschickung der Retorte, sofort mit denjenigen Bestandteilen ihrer Materie an der Gasbildung sich beteiligen, welche schon bei niedrigen Temperaturen vergasbar sind; in fortschreitendem Maße, wie dieselben allmählich verschwinden und die Temperaturen höhere werden, kommen dann andere Bestandteile zur Vergasung, bis endlich nur der mehr oder weniger aus reinem Kohlenstoff bestehende Koks hinterbleibt. Indem sich auf solche Weise während des Verlaufes der Destillation die Beschaffenheit der Kohle ändert, werden auch die aus derselben entwickelbaren Produkte nach und nach andere werden.

Eine weitere Ursache der innerhalb des Destillationsprozesses sich vollziehenden Veränderung des Leuchtgases ist in der von Anfang der Operation bis zu deren Ende stetig zunehmenden Temperatur der Retorte zu erblicken. Die Temperatur ist nicht nur von Einfluß auf die Zersetzung der Kohle selbst, indem sie aus derselben je nach ihrer Höhe verschiedene Produkte entwickelt, wie bereits dargethan, sondern sie vermag auch auf das gebildete Leuchtgas selbst nachträglich verändernd einzuwirken, indem dieses durch glühende Kohle und Koks hindurchtritt oder an den Retortenwandungen entlang streicht. Es sei nur daran erinnert, das ölbildendes Gas (Aethylen) bei gewissen hohen Temperaturen zerfällt in Sumpfgas, Wasserstoff und Kohlenstoff.

Eingehende Untersuchungen über die Art der im Verlaufe der Steinkohlendestillation auftretenden Gase haben wir den Arbeiten Buntes zu verdanken. Dieselben wurden angeregt durch die Frage, ob es möglich sei, den Gang der Steinkohlendestillation derart zu leiten, daß die Bildung des giftigen Kohlenoxydgases umgangen oder doch wenigstens auf das mindeste Maß zurückgeführt werden könne. Wie jedoch die Versuche gezeigt haben, erfährt gerade dieser Bestandteil des Leuchtgases während der Dauer der ganzen Destillation hinsichtlich seiner Menge so gut wie gar keine Aenderung.

Was die Ausführung der Versuche betrifft, so wurden dieselben mittels einer zum großen Betriebe gehörenden Retorte ausgeführt, ähnlich wie dies bei

den bereits früher erwähnten Schieleschen Untersuchungen über Gasausbeuten geschehen war. Es konnten also die einzelnen Produkte der trockenen Destillation für sich gesammelt, gemessen und untersucht werden. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die wichtigsten Sorten Gaskohlen deutscher und böhmischer Herkunft, sowie einer englischen Kohle; fünf derselben sind mit den Ergebnissen ihrer Elementaranalysen aufgeführt:

	Zusammensetzung der Rohkohle					Zusammensetzung der Kohlensubstanz in 100 Teilen		
	C	H	O	Wasser	Asche	C	H	O
1. Westfalen, Consolidation . .	78,9	5,2	7,6	1,6	6,6	86,0	5,7	8,3
2. Saargebiet, Heinitz I. . .	77,2	5,0	9,3	2,0	6,5	84,5	5,4	10,1
3. Böhmen, Thurn & Taxis .	72,0	5,4	10,2	5,6	6,9	82,3	6,1	11,6
4. Sachsen, Bürgergen. Zwickau	68,7	4,9	11,0	7,8	7,5	81,2	5,8	13,0
5. Böhmen, Plattenkohle (Pilsen)	67,4	6,0	8,9	3,3	14,4	81,9	7,3	10,8

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Kohle ist schon deshalb von Wichtigkeit, weil für die Untersuchungen, mit welchen wir uns hier zu beschäftigen gedenken, die Kohlensubstanz des Materials allein in Betracht zu ziehen ist, mit dessen Menge die Ergebnisse in Vergleich zu bringen sind. Die Menge von Kohlensubstanz ergibt sich aus der Differenz des Gewichtes der Rohkohle und deren Gehalt an Wasser und Asche.

Die Versuche wurden nun vorgenommen unter Beobachtung der folgenden Gesichtspunkte:

1. Bestimmung der Temperatur des Retortenofens. Hierzu begnügt sich im allgemeinen der Gastechniker mit dem erfahrungsgemäß sich ihm bietenden Anblick der glühenden Retorte (nach Nüancierung der Glut und Deutlichkeit der Umrisse). Selbstredend mußte zu den vorliegenden Versuchen eine genauere Bestimmungsweise der Temperatur hinzugezogen werden, und genügten diesem Zwecke Metallegierungen (Silber mit Gold, Gold mit Platin), deren Schmelzpunkte bekannt waren, mit hinreichender Genauigkeit, indem sie Temperaturintervallen von 50 zu 50° zu beobachten gestatteten. Es sei vorausgeschickt, daß so die Temperaturen der Retorten bei allen Versuchen als zwischen 1180 und 1400° C. liegend gefunden wurden, im Mittel mochten dieselben 1200 bis 1300° C. betragen haben.

2. Gasausbeute und Leuchtkraft des erzeugten Gases, und zwar sowohl im Ganzen, als in 1/4 und 1/2stündlichen Zeiträumen.

3. Menge der Nebenprodukte (Teer und Ammoniakwasser).

4. Bestimmung der Temperatur des Gases am Ende des Steigrohrs in 1/4stündigen Zeiträumen.

5. Bestimmung des Kohlensäuregehaltes des Rohgases in 1/4stündigen Zeiträumen.

6. Chemische Zusammensetzung des Gases nach jeder Stunde während der Destillation, desgleichen von einer Gesamtprobe.

7. Untersuchungen über die Ammoniakabscheidung bei der Destillation der Kohle und den Einfluß des Kalkens der Kohlen auf die Ausbeute an Ammoniak.

Von Interesse der in obigen Punkten vorgesehenen Arbeiten sind für uns zunächst nur die Angaben, welche sich auf die Mengen der im Verlaufe der Destillation auftretenden gasförmigen Produkte selbst beziehen. Die Ana-

lysen des Gases, welche in einzelnen Zeitabschnitten vorgenommen worden sind, finden sich in der nachstehenden Tabelle eingetragen. Noch klarer gelangen sie zum Ausdruck in graphischer Darstellung, wovon Fig. 1, Taf. 7, eine Vorstellung gibt. Das daselbst gezeichnete Diagramm bezieht sich auf den Verlauf der Destillation von Saarkohle (Heinitz I). Abkürzungsweise finden sich die Bezeichnungen CO_2 für Kohlensäure, C_mH_n für schwere Kohlenwasserstoffe, H für Wasserstoff, CH_4 für Sumpfgas, N für Stickstoff.

Bezeichnung der Kohlensorte	Beginn der nten $^1/_4$ Stunde	Kohlensäure	Schwere Kohlenwasserstoffe	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Methan	Stickstoff
Westfalen, Consolidation	2	1,8	6,0	8,3	37,1	45,4	1,4
	5	2,0	4,2	7,4	48,9	36,9	0,6
	9	1,1	2,4	6,8	53,5	34,2	2,0
	13	0,7	1,4	6,6	58,2	29,6	3,5
	16	0,7	1,2	6,7	61,1	27,6	2,7
	*)	**1,2**	**3,2**	**7,2**	**48,9**	**35,8**	**3,7**
Saargebiet, Heinitz I bei Neunkirchen	1	4,0	9,4	9,4	28,3	46,6	2,4
	5	3,4	5,6	8,3	42,6	35,0	5,1
	9	2,0	4,3	8,1	49,0	31,7	4,9
	13	2,0	2,4	8,2	56,6	28,7	2,1
	16	1,8	1,7	8,8	55,3	27,2	5,2
		2,0	**4,4**	**8,6**	**45,2**	**35,0**	**4,8**
Böhmen, Thurn & Taxis (Littitzer Zug bei Pilsen)	2	3,8	8,8	11,0	30,3	41,4	4,7
	5	3,0	5,0	10,3	43,1	35,8	2,8
	9	1,4	2,1	10,0	50,3	30,2	6,0
	13	1,1	1,1	9,3	60,3	23,4	4,8
	16	1,0	0,8	10,9	58,9	20,9	7,5
		3,0	**4,4**	**10,0**	**45,2**	**33,0**	**4,4**
Sachsen, Bürgergenossenschaft Zwickau	2	3,4	8,7	10,5	28,6	46,9	1,9
	5	3,0	5,5	10,2	42,1	37,1	2,1
	9	1,9	2,5	9,3	50,9	32,4	3,0
	13	1,2	1,3	9,0	56,6	28,7	3,2
	16	0,8	0,5	8,7	63,3	23,6	3,1
		2,2	**4,0**	**9,5**	**45,3**	**35,9**	**3,1**
Böhmen, Plattenkohlen (auch Brettel- oder Blattelkohle), Pankrazzeche bei Plagwitz unweit Pilsen	3	4,4	15,2	7,5	23,3	46,4	3,2
	5	4,0	11,8	7,6	31,3	45,1	0,2
	9	3,1	6,0	6,9	44,9	36,9	2,2
	13	1,9	2,4	10,7	55,9	24,5	4,6
	16	1,1	1,4	11,9	54,6	24,3	6,7
		3,2	**9,9**	**8,3**	**39,6**	**37,1**	**1,9**

Sowohl aus dieser Tabelle wie aus der graphischen Darstellung läßt sich der Verlauf der Gasentbindung einer bestimmten Kohlensorte leicht erkennen; es werden zur Erklärung der graphischen Aufzeichnung jedoch einige Worte zweckmäßig vorauszuschicken sein.

*) Zahlenwerte der Mischprobe.

In einem jeden Schema ist der Verlauf der Destillation der Zeit nach von links nach rechts fortschreitend gedacht; die senkrechten Linien bedeuten die ¼ stündigen Zeitabschnitte, deren es immer 16 sind. In der Höhe des Schemas werden die in 100 Teilen des Gasgemisches jeweils enthaltenen Mengen der einzelnen Bestandteile angegeben; die Art dieser Bestandteile ist durch die einheitliche Schraffierung oder dergl. kenntlich gemacht, ihre Menge daher durch die Höhe des Feldes auf den Zeitlinien, sie kann durch die wagerechten Linien gemessen werden. Dem durchschnittlichen Ergebnisse entspricht die Darstellung des schmäleren Schemas, welches selbstverständlich nur die Mengen der in dem Gasgemisch der Gesamtprobe enthaltenen Bestandteile andeutet.

Die Angaben zeigen nun im allgemeinen das folgende. Die Kohlensäureentwickelung ist bei Beginn der Destillation die größte, dann stetig abnehmend; das gleiche gilt von der Menge der schweren Kohlenwasserstoffe. Die Kohlenoxydbildung verläuft, wie bereits vorausgeschickt wurde, fast immer gleichmäßig. Wasserstoff tritt mit fortschreitender Destillationsdauer in immer größeren Mengen auf, während in annäherndem Verhältnis die Methanmenge sich verringert. Dem Auftreten von Stickstoff wird keine Bedeutung beizumessen sein, da dieser Anteil doch hauptsächlich nur als eine zufällige Beimengung zu betrachten ist, welche dem Gas bei der Beschickung der Retorte zugeführt wurde.

Nach anderer Richtung angestellte Beobachtungen der Münchener Versuche förderten noch weitere interessante Ergebnisse zu tage, die auf Koksausbeute, Gasmengen und Ausbeute an Teer und Gaswasser Bezug haben. Es läßt sich an der Hand dieser Aufzeichnungen nicht verkennen, daß die Gewichts- oder Raummengen genannter Vergasungsprodukte zu dem Sauerstoffgehalt der Kohle — diese auf Kohlensubstanz berechnet — in einer gewissen Beziehung stehen. Und zwar wird hiernach mit höherem Sauerstoffgehalt die Ausbeute an Koks eine geringere; desgleichen auch die Gasausbeute. Es vermehren sich dagegen die Teermengen, sowie das Gaswasser.

Sehr eingehende Untersuchungen auch nach dieser Richtung wurden von Saint Claire Deville in der Versuchsgasanstalt der Pariser Gasgesellschaft zu La Vilette ausgeführt. Man ist dabei zu Ergebnissen gekommen, welche die weitgehendsten Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung der Kohle, beziehungsweise der Menge ihres Sauerstoffs und den einzelnen Produkten der Vergasung erkennen lassen.

Im Verlaufe von 12 Jahren wurden 59 verschiedene Kohlensorten in 1012 Proben untersucht. Zu jeder Vergasung wurden 36000 kg Kohle in Arbeit genommen, so daß die erhaltenen Zahlen als durchschnittliche Ergebnisse aus einer Reihe vieler Versuche gelten konnten.

Auf Grund der Pariser Versuchsergebnisse kann man Steinkohlen, deren Sauerstoffgehalt (immer auf reine Kohlensubstanz berechnet) zwischen den Grenzen von 5,5 und 12 Gewichtsprozenten sich bewegt, immer als Gaskohlen ansprechen. Bei derartigen Kohlen sind dann die Grenzwerte für die einzelnen Elementarbestandteilen in Prozenten:

Kohlenstoff	89 bis 81	Prozent,
Wasserstoff	5 bis 6	"
Sauerstoff	5,5 bis 12	"
Stickstoff	1	"

Der Schwefelgehalt der untersuchten Kohlen schwankte zwischen 0,5 und 2 Gewichtsprozenten, was nebenbei bemerkt werden soll.

Bei der trockenen Destillation werden aus 100 kg solcher Kohlen erhalten werden: Teer 3,9 bis 5,6 Prozent; Ammoniakwasser 4,5 bis 10 l; Koks 2,1 bis 1,6 hl; Leuchtgas 31 bis 23 cbm.

Durch weitere Sichtung des aus sämtlichen Untersuchungen gesammelten Materials ließ sich auf der Grundlage des Sauerstoffgehalts des organischen Bestandteils der Kohle geradezu eine Klassifikation der Gaskohlen nach 5 Typen schaffen, deren erster Typ Kohle mit 5 bis 6,5, der zweite 6,5 bis 7,5, der dritte 7,5 bis 9, der vierte 9 bis 11 und der fünfte 11 bis 12 Prozent Sauerstoff umfaßt. Die übrigen Verhältnisse finden sodann in dem folgenden Schema ihren gesamten Ausdruck, welches die durchschnittlichen Werte der von der Pariser Gasgesellschaft gefundenen Resultate enthält.

	I. Typ.	II. Typ.	III. Typ.	IV. Typ.	V. Typ.
Zusammensetzung der Kohlensubstanz: Sauerstoff	5,56	6,66	7,71	10,10	11,70
Wasserstoff	5,06	5,37	5,40	5,53	5,64
Kohlenstoff	88,38	86,97	85,89	83,37	81,66
Stickstoff	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	100,—	100,—	100,—	100,—	100,—
Wassergehalt der lufttrockenen Kohle	2,17	2,70	3,31	4,35	6,17
Gesamtmenge der erhaltenen Destillationsprodukte	26,82	31,59	33,80	37,34	39,27
Gesamtmenge der Koksausbeute .	73,18	68,41	66,20	62,66	60,73
	100,—	100,—	100,—	100,—	100,—
Gas in Kilogramm aus 100 kg Kohlensubstanz	13,70	15,08	15,81	16,95	17,00
Teer in Kilogramm aus 100 kg Kohlensubstanz	3,90	4,65	5,08	5,48	5,59
Ammoniakwasser in Kilogramm aus 100 kg Kohlensubstanz .	4,58	5,22	6,80	8,62	9,86

Die Zusammenstellung läßt mancherlei erkennen. Die Analyse der Kohlensubstanz bietet ein Bild der größten Regelmäßigkeit; in dem Grade, wie der Sauerstoffgehalt zunimmt, wächst auch der Gehalt an Wasserstoff, während der Kohlenstoff sich vermindert. Die Stickstoffmengen sind stets die nämlichen.

Im ersten Augenblick auffallend erscheint die Zunahme des Wassergehaltes der lufttrockenen Kohle mit der Zunahme des Sauerstoffes. Wenn man jedoch bedenkt, daß die Holzsubstanz, aus der sich ja alle fossilen Brennstoffe gebildet haben, mit 42 Prozent Sauerstoff im lufttrockenen Zustand 20 Prozent Wasser zurückhält, und bei Torf und Braunkohle, wo der Sauerstoff abnimmt, auch der Wassergehalt der lufttrockenen Substanz sich ver-

mindert, so ist jedoch die Gesetzmäßigkeit im hygroskopischen Verhalten unverkennbar: bei allen Brennstoffen steht der Wassergehalt der lufttrockenen Substanz im direkten Verhältnis des Sauerstoffs, im umgekehrten Verhältnis des Kohlenstoffs.

Hinsichtlich der Destillationsprodukte sei bemerkt, daß in demselben Maße, wie der Sauerstoffgehalt der Kohle sich vermehrt, die Koksausbeute kleiner wird, dagegen Gas, Teer und Ammoniakwasser den Gewichtsmengen nach zunehmen. (Anders verhält es sich allerdings mit den Raummengen des Gases, von welchen aus Kohlen des ersten Typ. 30,1, des zweiten 31,0, des dritten 30,6, des vierten 29,7 und des fünften 27,4 cbm erhalten wurde; wonach also die spezifischen Gewichte des Gases mit jedem folgenden Typ höher werden, wie auch durch unmittelbare Bestimmung desselben festgestellt wurde; s. unten).

Die Vermehrung der flüssigen Destillationsprodukte mit steigendem Sauerstoffgehalt der Kohle bedeutet Beteiligung dieses elementaren Bestandteils an der Bildung von Teer und Gaswasser, in welchen er sich wieder findet. Ein ähnliches gilt auch in Bezug auf das gebildete Leuchtgas, welches die Pariser Gasgesellschaft gleichfalls gelegentlich ihrer Versuche analysierte. Die Ergebnisse sind im folgenden verzeichnet.

Sauerstoffgehalt der Kohlensubstanz nach Gewichts-Prozenten	I. Typ. 5 bis 6,5	II. Typ. 6,5 bis 7,5	III. Typ. 7,5 bis 9	IV. Typ. 9 bis 11	V. Typ. 11 bis 12
Kohlensäure	1,47	1,58	1,72	2,70	3,13
Kohlenoxyd	6,68	7,19	8,21	9,85	11,93
Wasserstoff	54,21	52,79	50,10	45,45	42,26
Methan (Sumpfgas) und Stickstoff	34,37	34,43	35,03	36,42	37,14
Schwere Kohlenwasserstoffe	3,27	4,01	4,94	5,58	5,54
	100,—	100,—	100,—	100,—	100,—
Spezifisches Gewicht des Gases	0,352	0,376	0,399	0,441	0,482
Verhältniszahlen des Gasverbrauchs für gleiche Leuchtkraft*) . . .	132,1	111,7	103,8	102,1	101,8

Man ersieht also auch aus dieser Zusammenstellung, daß die sauerstoffhaltigen Gase Kohlensäure und Kohlenoxyd mit steigendem Sauerstoffgehalt der Gaskohle zunehmen; im gleichen Verhältnisse erfährt das spezifische Gewicht des Gases eine Zunahme, da ja die beiden genannten Gasarten höhere Eigengewichte besitzen, wie die übrigen hier in Betracht zu ziehenden Gase. Die Kohlensäure ist 22 mal so schwer wie Wasserstoff, und mehr als doppelt so schwer wie Methan; desgleichen ist das Kohlenoxyd 14 be-

*) Diese Zahlen repräsentieren die Gasmenge in Liter, welche erforderlich ist, um eine Lichtmenge zu geben, gleich derjenigen einer Carcelllampe mit 42 g Rübölkonsum in der Stunde (als Lichteinheit).

ziehungsweise 1,7 mal so schwer wie die beiden verdünnenden Bestandteile des Leuchtgases. Von den letzteren selbst läßt das Methan eine geringe Zunahme seiner Menge erkennen, die jedoch durch die parallel laufende weit größere Abnahme der Wasserstoffmenge nicht ausreicht, um das spezifische Gewicht des Gases auf gleicher Höhe zu erhalten. Die Menge der schweren Kohlenwasserstoffe nimmt innerhalb der 5 Typen stetig zu.

Die schweren Kohlenwasserstoffe wurden auch noch für sich der näheren Analyse unterworfen, aus deren Ergebnissen hervorzuheben ist, daß sich der Gehalt an Benzol und diesen verwandten Körpern immer auf derselben Höhe hielt. 1 cbm Gas enthält 8,5 l Benzol- und 2 l Toluoldampf, welche zusammen ein Gewicht von 39 g besitzen.

Wichtig ist die (mit dem Steigen der Mengen schwerer Kohlenwasserstoffe übereinstimmende) Thatsache, daß die Leuchtkraft des Gases zunimmt mit dem Sauerstoffgehalt der Kohle. Man kann die in der Tabelle angeführten Verhältniszahlen des Gasverbrauchs für 1 Carcell-Lichteinheit betrachten als die reciproken Werte der Lichtstärken, und erhält somit als Verhältniszahlen der Leuchtkraft für

I. Typ 100; II. Typ 119; III. Typ 128; IV. Typ 129; V. Typ 130;

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen lassen sich in den nachstehenden Schlußfolgerungen zusammenfassen:

Kohlen vom Typ I und II (mit 5 bis 7,5 Prozent Sauerstoff) liefern guten Koks und armes Gas.

Kohlen vom Typ III (mit 7,5 bis 9 Prozent Sauerstoff) sind in Bezug auf die Beschaffenheit des erzielten Gases und des Koks als die geeignetste Gaskohle zu bezeichnen.

Kohlen vom Typ IV und V (mit 9 bis 12 Prozent Sauerstoff) liefern reiches Gas und schlechten Koks.

Die Braunkohle.

Von der Steinkohle unterscheidet sich in geologischer Beziehung deutlich die Braunkohle; letztere ist der jüngere Brennstoff. Ihr Vorkommen knüpft sich hauptsächlich an die Tertiärformation, und zwar tritt sie in der Form von Flötzen von oft großer Mächtigkeit in deren sämtlichen Gebilden auf. Das pflanzliche Material, aus welchem die Braunkohle entstand, ist nicht das nämliche, wie das der Steinkohle; die oft deutlich erhaltenen Reste zeigen, daß zu ihrer Bildung vielfach Koniferen, Palmen und Laubhölzer gedient hatten, während, wie früher mitgeteilt, die Steinkohle meist aus Pflanzen niederer Ordnung (Farne, Cycadeen) gebildet wurde.

Den Fundstätten in jüngeren geologischen Ablagerungen entsprechend zeigt sich bei der Braunkohle der Verkohlungsprozeß noch nicht so weit fortgeschritten, wie bei der Steinkohle; sie stellt in Beziehung darauf gewissermaßen eine niedrigere Stufe zur Entwickelung der letzteren dar. Dies spricht

sich deutlich aus, wenn man die elementare Zusammensetzung der Braunkohle derjenigen der Steinkohle entgegenhält. Einige Braunkohlenanalysen sollen hier folgen.

Fundstätte der Braunkohle	Zusammensetzung der aschenfreie Kohle in Prozent			Aschengehalt
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	
Gangelsberg bei Berlin	63,4	4,2	32,2	8,1
Braunschweig	71,7	5,8	22,5	7,6
Provinz Sachsen	65,0	6,2	28,8	14,2
Hessen-Darmstadt	57,6	6,1	36,3	0,6
Westerwald	66,4	5,4	28,2	9,3
Regensburg	64,8	5,5	29,7	4,0
Provinz Hessen	66,0	5,3	28,6	3,4

Die Steinkohlen enthalten im allgemeinen viel höhere Beträge an Kohlenstoff und geringere an Sauerstoff; ihre jüngsten Glieder allerdings, wie sie sich in den obersten Schichten der Saarbrücker und Niederschlesischen Kohlen vorfinden, stehen den ältesten, in der Zersetzung am meisten vorgeschrittenen Braunkohlen (den Pechkohlen) in der Zusammensetzung ganz nah. So finden sich bei Saarbrücken verschiedene Kohlen von 75 Prozent Kohlenstoff, 4,5 Wasserstoff, 20,5 Sauerstoff, in 100 Teilen aschenfreier Substanz; dabei verschiedene Sorten mit nur geringer Menge (3 bis 5 Prozent) Asche. — Frisch gefördert kann die Braunkohle bis zur Hälfte ihres Gewichtes Grubenfeuchtigkeit enthalten.

Hinsichtlich der Farbe der Braunkohle können Schwankungen von braungelb bis schwarzbraun vorkommen; ja es gibt selbst ganz schwarze Arten. Von der eigentlichen Schwarz- oder Steinkohle lassen sich die tiefschwarzen Braunkohlen leicht dadurch unterscheiden, daß sie auf gebranntem, mattem, weißem Thon einen entschieden braunen Strich geben und einen charakteristischen Geruch beim Brennen zeigen.

Man unterscheidet nach dem Aussehen verschiedene Arten der Braunkohlen, von denen wir die wichtigsten hier nahmhaft machen wollen.

1. Lignit. Von Farbe gelb bis braun, zeigt diese Art der Braunkohle sehr deutlich noch die Struktur des Holzes. Vielfach findet man ganze Stämme mit den deutlichen Jahresringen; ferner Blätter, Blütenknospen u. s. f. Man spricht daher auch von Bastkohle, Nadelkohle, Blätterkohle und Schilfkohle. Der Lignit zeigt oft nur sehr geringe Mengen von Asche.

2. Gewöhnliche (gemeine) Braunkohle. Die pflanzliche Struktur tritt hier schon weiter zurück, die Farbe ist dunkler, als bei dem Lignite, oft schwarz. Struktur ziemlich homogen.

3. Erdige Braunkohle. Gelbbraune bis braune, wenig feste und leicht zerreibliche Kohle. Bei der Förderung sehr viel Pulver liefernd. Aus ihr werden Briketts von hoher Festigkeit gebildet, die einen bedeutenden Handelsartikel bilden. Sie besitzt oft einen sehr hohen Aschengehalt von thoniger Beschaffenheit und größere Mengen von Schwefelkies, der sie zur

Verarbeitung auf Alaun geeignet macht (Alaunerde); auch findet sie als braune Erdfarbe Verwendung (Kölner Umbra).

4. Pechkohle oder Glanzkohle. Dicht, fest, schwarz und glänzend, von muscheligem Bruch, der Schwarz- oder Steinkohle von Ansehen sehr ähnlich. — Eine besonders schöne, jedoch selten vorkommende Abart dieser Braunkohle, welche bei großer Härte sich verarbeiten und polieren läßt, wird zu Schmucksachen verarbeitet (Gagat).

Bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung weisen die wichtigsten Braunkohlenarten in annähernden Durchschnittszahlen die folgenden Verhältnisse auf:

Lignite: 60 Prozent Kohlenstoff, 5 Prozent Wasserstoff, 35 Prozent Sauerstoff.
Erdige Braunkohlen: 70 Prozent Kohlenstoff, 5,5 Prozent Wasserstoff, 24,5 Prozent Sauerstoff.
Pechkohlen: 75 Prozent Kohlenstoff, 5 Prozent Wasserstoff, 20 Prozent Sauerstoff.

Die Braunkohle als Vergasungsmaterial. Was die Verwendung der Braunkohle zur Gasbereitung betrifft, so beschränkt sich dieselbe auf die wenigen Arten, welche als Zusätze der Steinkohle zur Aufbesserung der Leuchtkraft des Gases dienen können. Es sind dies eben dieselben Arten, von welchen oben schon bei Gelegenheit der Besprechung über die Aufbesserungsmaterialien die Rede gewesen ist.

Gas aus diesen Kohlen allein herzustellen, rentiert sich nicht, da sie verhältnismäßig zu teuer sind, und ein Gas von der erzielten Lichtstärke nicht verlangt wird.

Die meisten Braunkohlensorten können als Vergasungsmaterial zwecks der Darstellung von Leuchtgas überhaupt nicht in Betracht kommen. Es verbietet dies oft schon der zu hohe Wassergehalt der Braunkohle, der selbst beim Lagern des Materials an der Luft oft nicht unter 20 Prozent herabsinkt. Die Vergasung eines solchen Rohstoffes erfordert nicht nur einen unnötigen Aufwand an Brennmaterial, um die große Menge des Wassers zu verdampfen; es wird auch durch den gebildeten Wasserdampf die von demselben aufgenommene große Wärme zu weit in das System der Reinigungsanlage hineingetragen; unter der Voraussetzung nämlich, daß diese letztere keine größeren Dimensionen besitzt, als die für Steinkohlengasbereitung üblichen. Bei solchen aber kann die größere Wärmemenge nicht rasch genug durch die Wandungen der Kühlapparate abgegeben werden. Bei Destillationsversuchen mit Braunkohlen von hohem Feuchtigkeitsgehalt hatte man schon wiederholt Gelegenheit, zu beobachten, daß sich die Apparate selbst bis über den Exhaustor hinaus stark erhitzten; unter welchen Umständen eine genügende Reinigung des Rohgases nicht mehr denkbar ist. Um die Kühlung in hinreichendem Grade bewirken zu können, müßte man entweder die dazu dienenden Apparate üblichen Umfangs mit fließendem Wasser kühlen; oder man müßte denselben weit größere Dimensionen geben. Beide Wege hält man indessen aus praktischen Gründen nicht für empfehlenswert, um damit der Braunkohle gegenüber der Steinkohle größere Verwendung als Entgasungsmaterial zu verschaffen.

Ein weiterer Nachteil, welcher die ausschließliche Verwendbarkeit der Braunkohle zur Gasbereitung beeinträchtigt, ist in dem oft hohen Schwefelgehalt ihrer mineralischen Bestandteile zu suchen. Das aus solchem Material erzeugte Rohgas, welches mit Schwefelwasserstoff stark beladen ist, erfordert eine umständliche und kostspielige Reinigung. Die Mengen dieser Verunreinigung betrugen z. B. nach einer Untersuchung bei 1 cbm Gas aus Falkenauer Braunkohlen 6,5 l Schwefelwasserstoff. Da jedoch diese Braunkohle ein sehr leuchtkräftiges Gas zu liefern vermag, so wird man solche gelegentlich als Vergasungsmaterial herbeiziehen und die größeren Opfer der Reinigung nicht scheuen, um das Steinkohlengas zu verbessern, beziehungsweise auf die kontraktliche Lichtstärke zu bringen. Als Zusatzkohle (vergl. S. 71) dient die Falkenauer Braunkohle in Mengen von etwa 10 Prozent zu gewöhnlichen Gaskohlen.

Die Verwendung der flüssigen Destillationsprodukte der Braunkohle in der Gasfabrikation wird in dem Kapitel über Mineralöle abgehandelt werden.

Der Torf.

In geologischer Beziehung stellt der Torf die erste Phase der Vermoderung der pflanzlichen Stoffe dar. Die Torfbildung vollzieht sich sozusagen beständig vor unseren Augen, indem auf hierzu besonders günstigem Sumpfboden bestimmte Pflanzengattungen sich weiter entwickeln, während ihre abgestorbenen Reste unter dem Schutz des Wassers vom Sauerstoff der Luft ferngehalten werden und nunmehr der langsamen Vermoderung (Verkohlung) anheimfallen.

Den Vorgang der Vertorfung schildert Thomé in einem lebhaften Bild, welches in Anbetracht seiner Anschaulichkeit für die Entstehungsgeschichte der fossilen Brennstoffe überhaupt hier wiedergegeben werden soll. „Während in einem stagnierenden Gewässer die abgestorbenen Teile der Pflanzen zu Boden sinken und sich hier anhäufen, wachsen gleichzeitig die am ursprünglichen Ufer der Wasserfläche wachsenden Schilfrohre, Schachtelhalme, Binsen und Linsen allmählich und immer mehr in das flache Wasser vor, auf dessen Boden ihr dichtes Wurzelwerk immer mehr vorwärts greift. Von oben herab senken sich alljährlich die abgestorbenen Stengel und Blätter der Seerosen, Ranunkeln, Laichkräuter und Wasserlinsen auf den Grund hinab; immer dichter wird das Gewirr von Pflanzenresten und seitwärts zwischen dieselben eindringenden Wurzeln und Wurzelstöcken, immer größerer Raum wird dem Wasser abgerungen, bis endlich ein innig verzweigter und verbundener Filz entsteht, der auf einer breiartigen Schlammmasse ruht. Auf dieser schwankenden Vegetationsdecke siedeln sich Torfmoose, Wollgräser, Fieberklee, die Moorheidelbeere und andere Pflanzen an. Die auf diese Weise überdeckten und gegen die Einwirkung der Luft geschützten Pflanzenteile verwesen nun aber nicht mehr vollständig; immer mehr verschwinden Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff jener Teile, während sich ihr Kohlenstoff anhäuft. — Diese Masse wächst

auch nach oben; denn während die unteren Teile der bei ihrer Bildung besonders wichtigen Torfmoose längst abgestorben sind, leben die oberen kräftig fort, das Wasser aus der Tiefe schwammartig nach sich ziehend. Immer dichter wird so mit der Zeit die anfangs breiige Masse, bis zuletzt unter der Vegetationsdecke ein fester Torf entsteht. Durch die Torfmoose wird aber jener Boden immer feucht erhalten und so bildet sich auf ihm, begünstigt von seinem reichen Humusgehalte, eine üppige Vegetation. Ist er fester geworden, dann siedeln sich Bäume und Sträucher, Weiden, Erlen, Faulbaum und Kreuzdorn, zuletzt auch Nadelhölzer an; werden sie vom Winde losgerissen, oder sinken sie infolge ihres Gewichtes in die Unterlage ein, dann wächst der Torf über sie fort und nach Jahren sind sie ganz in ihm eingeschlossen. Dort, von dem Kontakte mit der Luft abgeschnitten, verwesen sie nicht, und noch nach Jahrhunderten zeigt sich ihre Holzstruktur vollkommen erhalten".

In dieser Weise haben sich in den verschiedensten Gegenden weit ausgedehnte Torflager gebildet, die in wechselnder Mächtigkeit auftreten. Die hauptsächlichsten Torfmoore Deutschlands befinden sich in der Umgebung des Bodensees, des Lechs und der Isar (bayerische Hochebene), in Hannover und in Pommern. Kleinere Gebilde finden sich viel auf den Höhen des Schwarzwaldes und auf anderen ausgedehnteren Bergrücken, sowie neben Flußläufen, z. B. in der Rheinebene.

Je nach den Fundorten seiner Entwickelung und der Art der an seiner Bildung sich beteiligten Pflanzen wird der Torf als Rasentorf, Moostorf, Haidetorf, Waldtorf, Meertorf u. s. w. bezeichnet. Hinsichtlich der Gewinnungsweise des Torfes spricht man von Stichtorf, Maschinentorf und Preßtorf. Als Baggertorf werden solche Torfarten bezeichnet, welche infolge hohen Wassergehaltes breiige Massen bilden, durch Schöpfen dem Lager entnommen und behufs der Trocknung weiter verarbeitet werden.

Die Struktur sämtlicher Torfarten zeigt unverkennbar die Abkunft des Produktes von der pflanzlichen Welt; mit größerer Schärfe natürlich in den jüngeren Gebilden, als in denen der tieferliegenden, stark zusammengepreßten Schichten. Auch in der Färbung lassen sich die hier angezeigten Unterschiede erkennen, indem dieselbe nach der Tiefe zu fortschreitend von hellbraun bis schwarz (Pechtorf) übergeht.

Mitunter sind die verschiedenen Torfarten mit großen Mengen erdiger Bestandteile vermischt, wie Sand, Kalk und Thon, so daß die Masse als Brennstoff untauglich wird. Torf mit 20 Prozent Asche (lufttrocken) brennt kaum noch. In seltenen Fällen findet man auch verschiedene Torfschichten übereinander, welche durch von den Ueberschwemmungen der Flüsse zugeführte erdige Masse getrennt sind.

Der Torf ist je nach seiner vorgeschrittenen Zersetzung verschieden, nicht bloß im Aussehen, sondern auch in der chemischen Zusammensetzung. Im nachstehenden folgen einige Analysen, welche sich auf die asche- und wasserfreie Substanz beziehen.

Fundort	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche des trockenen Torfs	Wassergehalt des lufttrockenen Torfs	Analytiker
Vulcairo bei Abbeville . .	60,4	6,0	31,3	2,2	5,6	—	Regnault
Kolbermoor bei München .	58,5	6,2	34,4	0,9	4,2	15,5	Wagner
Martobach (Rheinpfalz) .	63,9	6,5	28,1	1,6	2,7	8,0	Walz
Steinwenden (Rheinpfalz) .	58,7	7,0	32,6	1,7	2,0	8,3	Walz
Schopfloch, mittlerer Stich .	62,2	6,3	37,5		2,8	—	Breuninger
„ oberer Stich .	51,9	6,2	41,9		1,9	—	„
Sindelfingen, unterer Stich	58,1	5,7	36,2		17,7	—	„
„ mittlerer Stich	56,2	5,9	37,9		23,4	—	„

Als Vergasungsmaterial findet der Torf eine noch beschränktere Verwendung, als die Braunkohle, obgleich diesbezügliche Versuche schon vielfach unternommen worden sind, auf die Dauer jedoch sich in der Technik nirgends gehalten haben. So wurden namentlich seiner Zeit umfassende Versuche angestellt mit einem aus Salzburg stammenden, als Viermoostorf bezeichneten Material, welches zu den verhältnismäßig besten Ergebnissen führte. Es wurden nämlich aus 100 kg Torf erhalten: 21,5 bis 27,5 cbm Gas, 24,8 bis 47 kg Torfkohle (Koks), 2,5 bis 6,7 kg Teer und 25 bis 38,7 kg Gaswasser. Die Leuchtkraft dieses Torfgases kam derjenigen des Steinkohlengases sehr nahe.

Späterhin wurden in Holstein zwei Torfgasanstalten errichtet, über welche gleichfalls günstige Berichte vorliegen bezüglich der Beschaffenheit des erhaltenen Leuchtgases. Auch diese Anstalten sind wieder von der Bildfläche verschwunden, ohne daß über die hierfür maßgebenden Gründe etwas an die Oeffentlichkeit gekommen wäre.

Von Versuchen über Torfgasbereitung, welche in neuerer Zeit angestellt wurden, bieten diejenigen der Pulverfabrik Rottweil (Württemberg) schätzenswerte Anhaltspunkte. Dieselbe ließ ihrem Bericht aus dem Jahre 1883 zufolge in ihrer Gasfabrik zu Düneberg (bei Hamburg) Torf vergasen, um zu sehen, ob das gewonnene Gas zu Beleuchtungszwecken benutzbar sei und ob auch Torfgas zum Betrieb von Gasmotoren sich verwenden lasse. Die Versuche haben sehr günstige Resultate ergeben und ist nach denselben das Gas für beide Zwecke verwendbar. Der Torfkoks erwies sich als ein ausgezeichnetes Brennmaterial.

Nach Steiners Aufzeichnungen wurden bei den Düneberger Versuchen bei einer achttägigen Destillation durchschnittlich aus 100 kg Torf 29,5 cbm Gas erhalten; die Herstellungskosten des Kubikmeters beliefen sich auf 8,3 Pfg. Sämtliche Angaben sind jedoch unzureichend, um über den Wert oder Unwert des Torfgases ein sicheres Urteil zu gestalten. Insbesondere fehlen die Bestimmungen über die Leuchtkraft des Gases. Es findet sich nur die sehr allgemeine Angabe, daß das aus Torf erzielte karburierte Gas*) ein Licht liefert, welches seines weißen Glanzes wegen die Stelle zwischen Steinkohlengas und elektrischem Licht einnimmt.

*) Karburiert nennt man solches Leuchtgas, welches zur Steigerung seiner Leuchtkraft mit schweren Kohlenwasserstoffen beladen wurde; vergl. S. 40.

Genauere Angaben über die Beschaffenheit des Torfgases liegen von Reißig vor. Es wurde während der Zeit von zwei Monaten mittels zur Holzgasfabrikation dienender Einrichtungen ausschließlich Torf aus der Gegend Münchens (Specktorf) vergast, wobei durchschnittlich aus 100 kg Torf 24 cbm Gas erhalten wurden. Die Zusammensetzung des aus zwei verschiedenen Torfsorten erzielten gereinigten Gases war die folgende:

	I	II
Schwere Kohlenwasserstoffe	9,52 Prozent	13,16 Prozent
Methan	42,65 „	33,00 „
Wasserstoff	27,50 „	35,18 „
Kohlenoxyd	20,33 „	18,34 „
Stickstoff	— „	0,32 „
	100,00	100,00

Die Ausbeute an Teer betrug 4 bis 5 Prozent vom angewandten Torf. Kreosot und Paraffin sind seine charakteristischen Bestandteile.

An Gaswasser wurden 15 bis 20 Prozent des Vergasungsmaterials erhalten. Es enthält kohlensaures und essigsaures Ammon und kleine Mengen von Schwefelammon.

Der Verwendung des Torfes als Vergasungsmaterial steht ohne Zweifel sein hoher Wassergehalt, die große Menge erzeugter Kohlensäure, bei den jüngeren Sorten auch die geringe Leuchtkraft des Gases und die geringwertige, sehr brüchige Kohle entgegen.

Schließlich sei noch einer Verwendungsart des Torfes zu Vergasungszwecken gedacht, welche zu Anfang bis Mitte der 70er Jahre zu verschiedenen Patent-Erteilungen die Veranlassung gab. Man benutzte das Material, um Oele, Petroleum, Teer, Naphthalin oder andere flüssige Brennstoffe darin aufsaugen zu lassen. Die so gebildete Masse, in welcher allerdings dem Torf nur nebensächliche Bedeutung zukam, diente hauptsächlich als Aufbesserungsmaterial für eine nur schwachleuchtendes Gas erzeugende Kohle.

Im übrigen findet der Torf dieselbe Verwendung wie die früher besprochene Braunkohle oder ähnliche Gebilde der Mineralkohlen, nämlich zur Verarbeitung auf flüssige Kohlenwasserstoffe auf dem Wege der trockenen Destillation.

Torfkohle. Die aus dem Torf bei der Destillation gewonnene Kohle ist bei dem gewöhnlichen Stichtorf von geringer Qualität; sie ist sehr brüchig und darum nicht transportabel. Ist der Torf jedoch zu einem dicken Brei in Maschinen verarbeitet worden und wird der sogenannte Preßtorf gewonnen, so ist das daraus hergestellte Verkohlungsprodukt hart und fest und der besten Holzkohle gleichwertig. In einigen Fällen wird solche Torfkohle hüttenmännisch verwendet.

Das Holz.

Alle bisher besprochenen Brennstoffe, die als Material für die Gasbereitung dienen können, sind hervorgegangen aus der allmählich weiterschreitenden Zersetzung pflanzlicher Gebilde; wir haben gesehen, wie im besonderen Falle mit der Vertorfung diese Umbildung ihren Anfang nimmt. Von den verschiedenen Stufen der fortschreitenden Zersetzung fehlt kein Zwischenglied, von der lebenden Pflanze bis zum letzten Verkohlungsprodukte derselben.

Die Pflanze selbst hat, sofern sie als Vergasungsmaterial in Betracht zu ziehen ist, ihre wichtigsten Vertreter in den mehrjährigen Gattungen, welche durch Holz- und Stammbildung ein Material von dichtem Gefüge liefern, und die ferner als Wälder so massenhaft auftreten, daß ihrer Verarbeitung im großen technischen Betriebe nichts im Wege steht.

Im allgemeinen bezeichnet man als Holz die unter der Rinde der mehrjährigen Pflanzen liegenden Teile; also die Hauptmasse des Stammes, der Aeste, der Wurzeln. Gebildet wird die Holzsubstanz durch verschiedenartig geformte Zellen, röhrenartige Organe, die in paralleler Lage angeordnet und durch sogenannte Intercellularsubstanz miteinander verkittet sind. Indem sich die Zellen vermehren, machen sie das Wachstum des Holzes aus; und zwar erfolgt die Vermehrung der Zellen sowohl nach der Richtung ihrer Länge, als auch derjenigen der Breite. Insbesondere bilden sie mit jedem Jahre auf dem alten Holz eine neue Lage, welche bei den klimatischen Verschiedenheiten der gemäßigten Zonen innerhalb eines Jahr dergestalt zur Ausbildung gelangt, daß die Lagen der aufeinander folgenden Jahre im Holze stets erkannt werden können; indem nämlich die im Frühjahr entstandenen Zellen rund und voll sind, während sie mit fortschreitender Jahreszeit immer mehr flach und zusammengepreßt erscheinen. In ersterer Gestalt ist das Holz mehr lose, in letzterer mehr dicht. Das hierdurch an einem Querschnitt des Holzstammes sich bietende Bild der „Jahresringe" findet sich am deutlichsten ausgeprägt bei den Nadelhölzern; weniger gut bei Laubholz.

Als „Markstrahlen" bezeichnet man gleichfalls durch eigenartige Zellgewebe hervorgebrachte Zeichnungen, welche jedoch in radialer Richtung des Stammes verlaufen und sich der Länge des letzteren nach bandartig fortsetzen. Diese finden sich bei Nadelhölzern in größerer Anzahl und verlaufen hier gerade, während sie bei den meisten der übrigen Hölzer in geringerer Zahl auftreten und mehr eine Schlangenlinie beschreiben. Da sich die Spaltbarkeit des Holzes vorzüglich nach der Gestalt der Markstrahlen richtet, so ist sie in der Regel eine größere bei Nadelholz, als bei Laubholz.

Schließlich läßt sich infolge einer weiteren Verschiedenheit der Zellstruktur das Innere des Holzes weiter unterscheiden in „Kern" und „Splint". Ersterer Teil umfaßt die zentralen Partien des Stammes und besitzt größere Dichte und Festigkeit als der Splint, von welchem das Kernholz umgeben wird.

Das spezifische Gewicht des Holzes ist, wenn man von der stets zwischen den Zellgeweben befindlichen Luft absieht und nur die trockene Holzsubstanz ins Auge faßt, für die verschiedenen Holzarten annähernd immer

das nämliche, die Hölzer sind unter dieser Bedingung etwa $1\frac{1}{2}$ mal so schwer, wie Wasser. Im gewöhnlichen Leben, wie in der Technik, wird man indessen stets mit den Gewichten des lufthaltenden, lufttrockenen Holzes zu rechnen haben, und hier zeigen sich nun je nach Gattung, klimatischen Verhältnissen und Bodenbeschaffenheit, selbst nach den einzelnen Teilen der Hölzer (Holz, Wurzel, Aeste, Kern, Splint) wesentliche Unterschiede, wofür Payen nachfolgende Zahlen angibt:

	Spez. Gewicht		Spez. Gewicht
Ebenholz . . .	1,3 bis 1,4	Buche und Lerche .	0,75 bis 0,80
Nußbaum (Kern) .	1	Hainbuche . . .	0,72 bis 0,75
Esche	0,70 bis 1,14	Kiefer	0,60 bis 0,65
Eiche (Kern) . .	0,80 bis 0,85	Tanne	0,49 bis 0,50
„ (Splint) . .	0,64 bis 0,70	Weide	0,49
Akazie	0,70 bis 0,72	Pappel	0,40 bis 0,55

Der natürliche Wassergehalt der Hölzer kann, wenn dieselben in vollem Saft stehen, bis zur Hälfte des Gesamtgewichtes betragen. So fand man beispielsweise den Wassergehalt frisch gefällter Hölzer bei Birke 30,8 Prozent, Stieleiche 35,4 Prozent, Weißtanne 37,1 Prozent, Föhre und Rotbuche 39,7 Prozent, Erle 41,6 Prozent, Ulme 44,5 Prozent, Fichte 45,2 Prozent.

Beim Trocknen an der Luft verliert das gefällte Holz einen großen Teil seines ursprünglichen Wassergehaltes; etwa 20 Prozent davon werden noch zurückgehalten. Da mit diesen großen Wasserverlusten eine entsprechende Raumverminderung des Holzes Hand in Hand geht, so schrumpft dieses ein, es „schwindet"; häufig wird das Holz dabei in der Richtung der Markstrahlen rissig.

Die letzten Anteile an Wasser geben die Hölzer erst ab, wenn sie längere Zeit auf mehr als 100° C. erhitzt werden. Sie zeigen aber, getrocknet, die Neigung, atmosphärische Feuchtigkeit wieder begierig aufzunehmen, wobei sie eine Raumvergrößerung erleiden. Die Wasseraufnahme kann sogar durch Einlegen des Holzes in Wasser über die Höhe des ursprünglichen Feuchtigkeitsgehaltes des frisch gefällten Holzes hinaus gesteigert werden. Eiche vermag so eine Gewichtszunahme von 60 bis 90 Prozent, Fichte von 70 bis 160 Prozent, Pappel sogar bis zu 215 Prozent erfahren.

Die junge Pflanzenzelle besitzt stets die gleiche Zusammensetzung ihrer elementaren Bestandteile ($C_6H_{10}O_5$) und wird als ein chemischer Körper Cellulose genannt. In den mehrjährigen Pflanzen verändert sie jedoch nach bestimmter Richtung allmählich ihren Charakter, indem sich ihre Wandungen verdicken, unter Bildung eines kohlenstoffreicheren Körpers, des sogenannten Lignins. Man bezeichnet die Umbildung als Verholzung. Da Lignin gegenüber gewissen Reagenzien weniger widerstandsfähig ist, als Cellulose, so kann seine Menge im Holz bestimmt werden; es läßt sich so ermitteln, daß in Aesten und Stämmen etwa die Hälfte aller Cellulose sich in bereits verholztem Zustande befindet.

Als fernere Bestandteile des Holzes organischer Natur sind Eiweißkörper, Gerbsäure, Zucker, Stärke, Harze u. a. anzuführen, die sich zwischen den Zellen eingeschlossen finden. Endlich sind noch mineralische Stoffe

(Salze) im Safte des Holzes gelöst, die in anderen Teilen der Pflanze wieder abgelagert werden; sie finden sich namentlich in der Rinde in oft großen Mengen angehäuft. Bei der Verbrennung des Holzes hinterbleiben sie als Asche in der Form von kohlensauren Salzen, namentlich Kalisalz (Pottasche). In dem Holze sind im Mittel 1/2 bis 1 Prozent Aschenbestandteile enthalten.

Die elementare prozentische Zusammensetzung verschiedener Holzarten ist nach Payens Angabe die folgende; zum Vergleich ist in der Reihe die Cellulose vorangestellt. Die Angaben für Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff verstehen sich für aschenfreie Substanz.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche
Cellulose	44,4	6,2	49,4	—	—
Hainbuche	49,5	6,1	43,6	0,8	1,6
Rotbuche	49,9	6,1	43,1	0,9	1,1
Pappel	50,3	6,3	42,4	1,0	—
Birke	50,6	6,2	42,1	1,1	0,9
Eiche	50,6	6,0	42,1	1,3	1,6
Weide	51,7	6,2	41,1	1,0	2,0

Aus dieser Uebersicht geht hervor, daß die elementare Zusammensetzung der verschiedensten Holzarten nur unwesentlichen Schwankungen unterworfen ist (Kohlenstoff und Sauerstoff je bis 2 Prozent), ganz in Uebereinstimmung damit, daß das Holz seiner Hauptmasse nach nur aus Cellulose besteht.

Es sei nochmals an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß der Kohlenstoffgehalt des Holzes geringer ist, als derjenige aller fossilen Brennstoffe, da diese ja das Produkt der Zersetzung des Holzes darstellen, indem Sauerstoff und Wasserstoff entwichen sind, zu gunsten der Anreicherung des Kohlenstoffs. In ganz ähnlicher Weise verändert sich auch das Holz, wenn es unter Luftabschluß erhitzt wird. Schon bei 120° C. beginnt es sich dabei zu bräunen, ein Zeichen des sich anreichernden Kohlenstoffs; der letztere nimmt mit steigender Temperatur und Länge der Einwirkung mehr und mehr zu, das Holz verkohlt, bis zum Schluß fast nur noch mehr oder weniger reiner Kohlenstoff zurückbleibt, die Holzkohle. Die stufenweise sich vollziehende Veränderung hat Violette näher beobachtet. Es wurde Faulbaumholz erst bei 150° getrocknet und sodann in einer Retorte mittels überhitztem Dampf, also unter Anschluß der Luft, verkohlt oder (bei den höchsten Temperaturen) in Tiegeln über unmittelbarem Feuer erhitzt.

Eine Versuchsreihe von 28 Verkohlungsproben bei steigenden Temperaturen führt zu den folgenden Ergebnissen.

Temperatur der Verkohlung	Analyse des verkohlten Holzes nach Gewichtsprozenten				Aeußere Beschaffenheit der Kohle
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff Stickstoff	Asche	
150°	47,51	6,12	46,29	0,08	Diese Produkte können noch nicht als Kohle bezeichnet werden, da sie dem Holz in Zusammensetzung und Verhalten zu nahe stehen.
160	47,60	6,06	46,27	0,08	
170	47,78	6,95	45,95	0,09	
180	48,93	5,84	45,12	0,12	
190	50,61	5,11	44,06	0,22	
200	51,82	3,39	43,97	0,23	
210	53,37	4,90	41,53	0,20	
220	54,57	4,15	41,39	0,22	
230	57,15	5,50	37,04	0,31	
240	61,31	5,50	32,70	0,51	
250	65,59	4,81	28,96	0,63	
260	67,89	5,04	26,49	0,56	
270	70,45	4,64	24,19	0,85	
280	72,64	4,70	22,09	0,56	Rotbraune Kohle, welche anfängt, pulverisierbar zu werden.
290	72,49	4,98	21,93	0,61	
300	73,23	4,25	21,96	0,57	Abnehmende Reihe rotbrauner Kohlen, ins Schwarze übergehend.
310	73,63	3,83	21,81	0,74	
320	73,57	4,83	21,08	0,52	
330	73,55	4,62	21,33	0,47	
340	75,20	4,40	19,96	0,47	
350	76,64	4,13	18,44	0,61	
432	81,64	1,96	15,24	1,16	
1023	81,97	2,30	14,15	1,60	Sehr schwarze Kohlen; relativ gute Leiter für Wärme und Elektrizität.
1110	83,29	1,70	13,79	1,22	
1250	88,14	1,41	9,26	1,20	
1300	90,81	1,58	6,49	1,15	
1500	94,56	0,74	3,84	0,66	
<1500	96,52	0,62	0,94	1,95	

Bei der näheren Betrachtung dieser Ergebnisse ist nicht zu verkennen, daß das Holz in gewissen Stadien seiner auf künstlichem Wege hervorgebrachten Verkohlung in der Zusammensetzung seiner elementaren Bestandteile eine gewisse Aehnlichkeit aufweist mit den fossilen Brennstoffen. Allerdings weichen die Verkohlungsprodukte iu ihrer sonstigen Beschaffenheit, schon dem Aussehen nach, von den entsprechend zusammengesetzten Kohlengesteinen wesentlich ab; es läßt sich schon hieraus schließen, daß die Bildung der letzteren unter ganz anderen Bedingungen vor sich gegangen ist. Diese Bedingungen sind aber gegeben durch die Verkohlung des Holzes unter gleichzeitigem hohem Druck. Auf dem Wege des Versuches ist es gelungen, auch diese Art der Verkohlung nachzuahmen. Violette ließ in ganz ähnlicher Weise, wie bei der vorhin erwähnten Versuchsreihe, Holz bei verschiedenen Temperaturen verkohlen, doch diesmal in vollkommen verschlossenen Gefäßen, so daß also die gasförmigen Produkte nicht entweichen konnten und einen hohen Druck

ausübten; er erhielt so beispielsweise bei 340° aus dem Holz eine Kohle, welche alle organische Struktur verloren hatte und eine schwarze, glänzende Masse darstellte, welche einer fetten Steinkohle ähnlich war. Ihre chemische Zusammensetzung entsprach auch vollkommen einer Steinkohle: 77,1 Prozent Kohlenstoff, 4,7 Prozent Wasserstoff, 14 Prozent Sauerstoff und Stickstoff, 3,8 Prozent Asche.

Das Holz als Vergasungsmaterial. Die Verkohlung des Holzes zum Zwecke der Beschaffung eines besonderen Heizmaterials, der Holzkohle, bildet bekanntlich einen alten Industriezweig, und bewirkte man dieselbe ursprünglich nur auf die primitive Weise der Erhitzung in Meilern, wobei man auf Destillationsprodukte Verzicht leistete, die teils verbrannten, teils in die Luft entwichen. Seit etwa Anfang des Jahrhunderts begann man jedoch damit, diese Produkte gleichfalls nutzbar zu machen, wenigstens die flüssigen derselben, um aus ihnen sehr wertvolle Präparate abzuscheiden, nämlich Holzgeist (Methylalkohol) und Holzessig (Essigsäure). Man unterwirft das Holz einfach der trockenen Destillation in geschlossenen Retorten, in welchen die Holzkohle zurückbleibt, während die kondensierbaren Dämpfe durch Abkühlung niedergeschlagen werden. Die erste derartige Anlage befand sich bei Hausach im Schwarzwald (1814). Bis heute hat sich die Holzdestillation zwecks der Gewinnung der flüssigen Produkte zu einer hervorragenden Industrie entwickelt, nachdem namentlich auch der Holzgeist ein gesuchter Handelsartikel (z. B. bei Herstellung rauchlosen Pulvers) geworden ist, für den früher nur beschränkte Verwendung vorhanden war.

Es gelang indessen erst Anfang der 50er Jahre, aus Holz ein Gas herzustellen, das zu Leuchtzwecken genügen konnte. Die Schwierigkeiten, welche sich dem entgegenstellten, sollen im folgenden auseinander gesetzt werden.

Verfolgt man die Vorgänge, die sich vollziehen, wenn Holz unter Luftabschluß erhitzt wird (etwa in einem die Retorte bildenden Glascylinder), so fällt zunächst auf, daß sehr bald nach Entweichung des Wassers, schon bei 120°, eine Bräunung des Holzes beginnt; bei etwa 150° kann man bereits entwickelte kohlenstoffhaltige Gase nachweisen. Erst treten Kohlensäure, Kohlenoxyd und Sumpfgas auf. Im späteren Verlauf entweichen noch Methylalkohol, Essigsäure und andere Produkte, dieselben, auf deren Gewinnung die oben erwähnte Industrie beruht, und welche in ihrer Gesamtheit den Holzteer ausmachen. Das gleichzeitig gebildete Gas nimmt mit fortschreitender Destillation weder besonders an Menge zu, noch gewinnt es an Güte; namentlich fehlen ihm die schweren Kohlenwasserstoffe, welche die Leuchtkraft des Gases bedingen. Außerdem ist dieses Gas mit so großen Mengen Kohlensäure vermischt, daß sich seine Reinigung bei der Geringwertigkeit des Gases nicht lohnen würde.

Und doch weisen andere Umstände darauf hin, daß sich unter geeigneten Bedingungen aus Holz reiches Leuchtgas entwickeln lassen muß. In erster Linie die Erscheinung, daß das Holz mit langer, hellleuchtender Flamme brennt; denn wir wissen, daß die Flamme nur gebildet wird durch brennende Gase. Wenn nun dennoch bei der Erhitzung des Holzes unter Luftabschluß bei den früheren Versuchen nur wenig und schwach leuchtendes Gas erzeugt wurde, dagegen die Hauptmenge der Destillationsprodukte sich in den verdichtbaren Dämpfen wieder zeigte, so war daraus zu schließen, daß es die

Bestandteile des Holzteeres sind, welche durch zu rasches Entweichen aus der Retorte sich der Vergasung entziehen.

Es ist das Verdienst Pettenkofers, volle Klarheit über die Ursache dieser Erscheinung gebracht und damit die Aufgabe gelöst zu haben, aus Holz brauchbares Leuchtgas zu bereiten. Die diesbezüglichen Arbeiten des genannten Gelehrten hatten das Studium der Holzdestillation im allgemeinen zum Gegenstand.

Pettenkofer, welcher mit seinen Versuchen im Jahre 1849 begann, untersuchte zunächst diejenigen gasförmigen Destillationsprodukte des Holzes, welche sich bei niedrigeren Temperaturen der Erhitzung bilden. Um solche Gase zu erhalten, brachte er Holz mit kochendem Quecksilber in einer Retorte unter Luftabschluß zusammen. Der Siedepunkt des Quecksilbers liegt bei 360° C., folglich konnte diese Temperatur bei dem Versuch nicht überschritten werden. Es zeigte sich, daß die hierbei entwickelte Wärme genügte, um das Holz vollständig zu verkohlen, d. h. zu entgasen. Die Gase zeigten nach ihrer Abkühlung und Trocknung die folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	54,5	Prozent,
Kohlenoxyd	33,8	"
Methan	6,6	"
(Luft	5	")

Schwere Kohlenwasserstoffe waren nicht nachzuweisen. Unserer Kenntnis nach über die Natur des Leuchtgases ist ein Gasgemisch von obiger Zusammensetzung unfähig, beim Brennen zu leuchten; dies stimmt auch mit der Erfahrung überein, welche man bis dahin mit den gasförmigen Produkten der Holzdestillation gemacht hatte.

Mit dem vorliegenden Versuche war nun erwiesen, daß sich die Destillationsprodukte des Holzes der Einwirkung höherer Temperaturen und der weiteren Zersetzung durch dieselben zu entziehen vermögen, indem sie oben schon unter 360° C. flüchtig werden. Insbesondere bezieht sich dies auf die noch sehr kohlenstoffreichen flüssigen Destillationsprodukte, welche, nochmals für sich erhitzt, leuchtende Gase zu liefern im stande sind. In der That hat es sich auch gezeigt, daß man unmittelbar aus dem Holz Leuchtgas erhalten kann, wenn man die entwickelten Dämpfe nicht sofort aus der Retorte hinausleitet, sondern dieselben nötigt, erst durch höher erhitzte Röhren hindurchzutreten oder mit den glühenden Wandungen der Retorte längere Zeit in Berührung zu bleiben. Die sich dabei vollziehende Leuchtgasbildung kann man sich nach dem Vorausgeschickten leicht als in zwei getrennten Vorgängen vollziehend denken: denjenigen der Teerbildung aus dem des Holzes und den darauffolgenden der Vergasung der entstandenen Dämpfe, welche ohne weiteres Zuthun sich wieder im Teer abscheiden würden. In dieser Richtung geleitete Untersuchungen ergaben jetzt eine folgende Zusammensetzung des rohen Holzgases:

Kohlensäure	18 bis 25	Prozent,
Kohlenoxyd	40 bis 50	"
Methan	8 bis 12	"
Schwere Kohlenwasserstoffe .	6 bis 7	"
Wasserstoff	14 bis 17	"

Es wurden aus 100 kg trockenem Holz im Durchschnitt 27 cbm gereinigtes Gas erhalten.

Als ein Gas von mittlerer Zusammensetzung kann das aus Tannenholz bereitete bezeichnet werden; die Analyse eines solchen Gases (gereinigt) folgt hier:

Schwere Kohlenwasserstoffe .	8,5	Prozent,
Leichte „ .	22,4	„
Kohlenoxyd	38,2	„
Wasserstoff	30,9	„

Für den näheren Verlauf des Prozesses der Holzdestillation von Interesse sind auch die Untersuchungen Senffs, da bei diesen namentlich der Einfluß der Temperaturen näher studiert worden ist. Es handelte sich dabei weniger um die Ermittelung der gasförmigen Produkte, als um die Feststellung der Mengen von flüssigem Destillat und Kohle, auf deren Gewinnung es abgesehen war. Und zwar sollte einerseits, wie schon bemerkt, der Einfluß der Temperaturen, andererseits die Ausgiebigkeit verschiedener Holzarten untersucht werden. Um die Versuche bei geringeren Temperaturen ausführen zu können, ging Senff in der Weise zu Werke, daß er die Retorte erst mit Holz bestimmter Art beschickte, und sodann anheizte, um nun bei ganz schwachem Feuer die Destillation zu Ende zu führen. Für den anderen Fall, in welchem hohe Temperaturen zur Anwendung gelangen sollten, erhitzte man erst die leere Retorte auf helle Rotglut und schob dann das zu Bündeln geordnete Holz rasch ein; die Temperatur wurde nun während der ganzen Zeitdauer der Destillation auf der anfänglichen Höhe erhalten. Im ersten Falle nahm die Destillation einen langsamen, im letzten einen raschen Verlauf.

Nach der Beendigung des Versuches wurden die Produkte ihrer Menge nach gemessen und untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, wobei die Zahlen die Ausbeuten aus je 100 kg lufttrockenem Holz darstellen; die mit a bezeichneten Zahlenreihen entsprechen der langsamen, die mit b bezeichneten der raschen Destillation.

Holzart		Holzkohle Kilogramm	Gase Kilogramm	Flüssiges Destillat Kilogramm	Teer Kilogramm	Rohessig Kilogramm	Wasserfreie Essigsäure Kilogramm
Carsinus Betulus L., Stamm	a.	25,4	22,2	52,4	4,8	47,6	6,4
(Hainbuche)	b.	20,5	31,0	48,5	5,5	43,0	5,2
Rhamnus frangula L., Stamm	a.	26,5	20,7	52,8	7,6	45,2	6,0
(Faulbaum)	b.	22,5	32,1	45,4	5,2	40,2	4,5
Alnus Glutinosa Gaert., Stamm	a.	31,6	17,9	50,5	6,4	44,1	5,8
(Roterle)	b.	21,1	31,1	47,8	7,1	40,7	4,1
Betula alba L., Stamm	a.	29,2	19,7	51,1	5,5	45,6	5,6
(Birke)	b.	21,5	35,6	42,9	3,2	39,7	4,4
Sorbus aucuparia L., Stamm	a.	27,8	20,6	51,5	7,4	44,1	5,6
(Eberesche)	b.	20,2	33,4	46,4	6,4	40,0	4,2
Fugus silvatica L., Ast	a.	26,2	23,9	49,9	4,8	51,1	5,1
(Rotbuche)	b.	21,3	35,6	43,1	2,9	40,2	4,4

Holzart		Holzkohle Kilogramm	Gase Kilogramm	Flüssiges Destillat Kilogramm	Teer Kilogramm	Roheſſig Kilogramm	Waſſerfreie Eſſigſäure Kilogramm
Populus tremula L., Stamm (Aſpe)	a.	25,5	27,1	47,4	6,9	40,5	5,1
	b.	21,3	32,3	46,4	6,9	39,5	4,4
Quercus robur L., Stamm (Steineiche)	a.	34,7	17,2	48,2	3,7	44,5	4,1
	b.	27,7	27,3	45,2	3,2	42,0	3,4
Pinus Larix L., Stamm (Lärche)	a.	26,7	21,6	51,6	9,3	42,3	2,7
	b.	24,1	32,2	43,8	5,6	38,2	2,1
Pinus Abies L., Aſt (Fichte)	a.	25,5	28,1	46,3	8,1	38,2	2,2
	b.	23,4	32,8	43,8	5,4	38,4	1,6

Aus dieſen Ergebniſſen geht hervor, abgeſehen von der Verſchiedenheit der Ausbeute einzelner Beſtandteile bei hohen oder niederen Deſtillationstemperaturen, daß die von den einzelnen Holzarten gelieferten Produkte der Menge nach nicht weſentlich voneinander abweichen. Dagegen iſt der Säuregehalt der flüſſigen Produkte ein ſehr verſchiedener, insbeſondere iſt er ein höherer bei den aus Laubhölzern gewonnenen Deſtillaten, als aus denjenigen der Nadelhölzer.

Hinſichtlich der Ausbeute an Produkten der Erhitzung unter Luftabſchluß bei verſchieden hohen Temperaturen kann dagegen, auf Grund vorſtehender Aufzeichnungen, ganz allgemein geſagt werden, daß bei höheren Temperaturen größere Mengen an Gas erhalten werden, dagegen geringere Ausbeute an Holzkohle und Eſſigſäure (beziehungsweiſe Geſamtdeſtillat der flüſſigen Produkte, Teer und Roheſſig).

Selbſtredend ſind dieſe im kleinen ausgeführten Verſuche nicht dazu geeignet, um etwa über die Menge und Beſchaffenheit des aus verſchiedenen Holzſorten zu erhaltenden Gaſes Aufſchluß zu erteilen; Senffs Unterſuchungen ſollen vielmehr, wie bereits bemerkt, dem Zweck der Verarbeitung des Holzes auf dem Wege der trockenen Deſtillation nach der Richtung hin dienen, welche die Gewinnung der flüſſigen Deſtillationsprodukte — der Eſſigſäure und des Teers — im Auge hat. Für uns ſind jedoch die Ergebniſſe namentlich inſoweit von Intereſſe, als ſie zeigen, wie durch die höhere Erhitzung der mit Holz beſchickten Retorte die Zerſetzung zu Gunſten reichlicherer Gasentwickelung verläuft. Die letztere tritt natürlich noch weiter in den Vordergrund, wenn die Deſtillation nach den von Pettenkofer aufgeſtellten Grundſätzen vollzogen wird; d. h. wenn man den ſich bildenden teerartigen Dämpfen Gelegenheit bietet, ſich im Innern der Retorte weiter zu zerſetzen, zu vergaſen. Diesbezügliche Unterſuchungen hat zuerſt Reißig in umfaſſender Weiſe angeſtellt. Indem er hierzu die Verhältniſſe des großen Betriebes der Holzgasfabrikation zu Grunde legte, beſtimmte er die Menge und Beſchaffenheit der auftretenden Produkte in ähnlicher Art, wie dies früher ſchon für die entſprechenden Unterſuchungen in der Steinkohlengasbereitung geſchehen iſt.

Als ein Punkt von beſonderer Wichtigkeit tritt hier noch die Menge der im Rohgas enthaltenen Kohlenſäure auf, da ſich nach dieſer der Auf-

wand des zur Reinigung erforderlichen gelöschten Kalkes richtet; dieser Faktor ist dabei in der folgenden Tabelle berücksichtigt.

	Kohlensäuregehalt des Rohgases in Gewichtsprozent	100 kg Holz ergaben			Beschaffenheit der Kohle
		Gereinigtes Gas in Kubikmeter	Spezifisches Gewicht des Gases	Kohle Kilogramm	
Eiche (Quercus pedunculata L.), Scheitholz . .	24,5	32,4	0,755	25,5	groß, dicht, schön
Buche (Fagus silvatica L.)	24,0	31,8	0,723	24,0	dicht, schön
Birke (Betula alba L.), Scheit- und Prügelholz .	22,5	38,4	0,692	19,5	dicht, aber klein
Pappel (Populus italica L.), Scheitholz	23,5	32,6	0,587	22,5	sehr leicht, porös
Tanne (Pinus sylvestris L.)*)	23,5	32,4	0,660	20,0	schön, nicht zu leicht
Fichte (Pinus Abies L.)*)	23,5	31,8	0,687	20,0	schön
Aspe (Populus tremula L.), Scheitholz	19,5	32,0	0,608	19,9	klein, sehr leicht
Linde; Scheitholz . . .	19,5	33,8	0,583	20,0	klein, schlecht
Lärche; Prügelholz, wenig Scheitholz	21,5	29,6	0,652	25,0	dicht, aber klein
Weide (Salix alba etc.), Scheitholz	22,5	35,6	0,645	18,0	sehr leicht, zerreiblich

Die Beseitigung der erheblichen Mengen von Kohlensäure, welche im Holzrohgase enthalten sind und nach vorstehenden Analysen beiläufig den fünften bis vierten Teil desselben ausmachen, bildeten nach den ersten glücklichen Versuchen der Vergasung des Holzes eine zweite wichtige Aufgabe, die vollkommen gelöst werden mußte. An sich ist ein solches Gasgemisch nicht leuchtfähig, obwohl die Mengen der im Holzgase außerdem noch enthaltenen lichtgebenden Kohlenwasserstoffe (6 bis 7 Prozent) ein sehr leuchtkräftiges Gas vermuten lassen könnten. Als Grund dieser auffälligen Erscheinung die folgende Erklärung. Von der Theorie der leuchtenden Flamme ausgehend (S. 23) erkennt man, daß es die in der Leuchtgasflamme ausgeschiedenen und in glühendem Zustand erhaltenen Kohlenstoffteilchen (aus den schweren Kohlenwasserstoffen herrührend) sind, welche der Flamme die Eigenschaft des Leuchtens erteilen. Wir wissen nun, daß man diese Wirkung aufheben kann, wenn man den Kohlenstoff durch Sauerstoff, beziehungsweise atmosphärische Luft, vollständig verbrennt; man braucht diese nur dem Gas in genügender Menge beizumengen, um eine entleuchtete Flamme zu erhalten. Die Kohlenstoffteilchen verbrennen dabei zu Kohlensäure.

*) Die Angaben beziehen sich auf das durchschnittliche Ergebnis mehrerer Vergasungen, die in ihrem Verlaufe oft bedeutend voneinander abweichen. Es erklärt sich dies aus dem verschiedenen Harzgehalt der vorliegenden Holzarten.

In einer ähnlichen Weise wie Luft wirkt Kohlensäure gleichfalls entleuchtend auf eine Gasflamme. Es wurde auf S. 15 gezeigt, daß Kohlensäure in Berührung mit glühendem Kohlenstoff unter Voraussetzung einer bestimmten geringsten Temperatur den letzteren zu Kohlenoxyd verbrennt; ein Vorgang, der in der Heiztechnik von der größten Wichtigkeit ist und das Wesen der Generatorgasfeuerung ausmacht.

In der Holzgasflamme ist eine hinreichende Menge Kohlensäure vorhanden, mit welcher sich der ausgeschiedene Kohlenstoff sofort zu Kohlenoxyd zu verbinden oder der den Kohlenstoff an der Ausscheidung zu verhindern vermag. Das Kohlenoxydgas verbrennt aber nur mit sehr lichtschwacher Flamme.

Was den Wirkungsgrad der Kohlensäure gegenüber demjenigen der atmosphärischen Luft betrifft, so ergibt sich, daß ein Raumteil Kohlensäure im Gase so schädlich wirkt wie $2^1/_2$ Raumteile Luft. Denn es verbrennen, den Raumteilen nach, gleiche Mengen Kohlensäure oder Sauerstoff mit einer und derselben Menge Kohlenstoff. Die Luft enthält aber nur $^1/_5$ Sauerstoff, daher das obige Verhältnis in den Wirkungswerten beider Gasarten.

Man hat verschiedene Wege eingeschlagen, um dem Holzgas die ungünstige Einwirkung der zugezogenen Kohlensäure zu benehmen. Reißig, welcher den Gegenstand einer eingehenden Studie unterzogen hat, mengte dem Holzgas auf dem als Karburation bezeichnetem Wege solche Mengen lichtgebender Dämpfe (Benzol) bei, daß der aus denselben in der Flamme ausgeschiedene Kohlenstoff nicht vollständig von der Kohlensäure aufgenommen werden konnte.

Einen Erfolg für die Praxis hatte indessen dieser Versuch nicht, er besitzt für uns nur ein theoretisches Interesse. Desgleichen ein anderer, gleichfalls von Reißig angestellter Versuch, dem Holze vor seiner trockenen Destillation zur Leuchtgasgewinnung die Hauptmenge des Sauerstoffs zu entziehen, was durch teilweise Verkohlung des Holzes zu erreichen wäre. Die an früherer Stelle angeführten Analysen des unter verschiedenen Temperaturen erhitzten Holzes lassen deutlich erkennen, wie dieser Brennstoff bei fortschreitender Erhitzung mehr und mehr in seiner Zusammensetzung sich der Steinkohle nähert, was sich ausspricht in dem Zurücktreten des Sauerstoffs.

Eine Reihe von Untersuchungen bezüglich der unmittelbaren Entfernung der Kohlensäure aus dem Holzgas, welcher Weg allein noch offen steht, haben gezeigt, daß als Reinigungsmittel nur Kalk in Frage kommen könne; es ist unerfindlich, wie man sich in einigen Holzgasanstalten dazu verstehen konnte, zu diesem Zwecke Lamingsche Masse (s. diese) zu verwenden; man hat dort entschieden die Wirkungsweise dieses Reinigungsmaterials verkannt.

Ergebnisse über Gasausbeuten liegen aus Meran vor. Das dortige Gaswerk verarbeitete im Jahre 1877, neben anderen verschiedenartigsten Vergasungsmaterialien, hauptsächlich Holz, welches (in nicht ganz lufttrockenem Zustande) aus 100 kg ein Gaserträgnis von 40 bis 46 cbm lieferte; bei Anwendung eines geeigneten Brenners und 130 l stündlichem Gasverbrauch leistete dieses Gas eine Lichtstärke von 16 Kerzen.

Die einzige zur Zeit noch in Deutschland bestehende Holzgasanstalt besitzt Reichenhall. Dem Direktor des Werkes, L. Hoßeus, verdankt Verfasser durch private Mitteilung wertvolle Angaben über Betriebsergebnisse der dortigen Fabrikation. Es muß an dieser Stelle bemerkt werden, daß die neuere Litteratur so gut wie nichts enthält über diesen Gegenstand, wohl

nur aus dem Grunde, weil man kaum an die weitere Verbreitung städtischer Holzgasanstalten wird denken dürfen, und weil andererseits für die Industrie, welche Holzgas als Nebenprodukt erzeugt (Holzessigfabrikation), kein Grund vorliegt, ihre Erfahrungen weiter zu verbreiten.

In der Holzgasfabrik Reichenhall betrug, als Durchschnitt mehrjährigen Betriebes, die Ausbeute

aus 100 kg a) Erlen- und Pappelholz . . . . 41,9 cbm Gas.
„ „ „ b) Buchen- und Hainbuchenholz . . 44,1 „ „
„ „ „ c) Fichten-, Tannen- und Kiefernholz 46,1 „ „

Hierzu ist zu bemerken, daß Erlen-, Pappel- und Buchenholz im Winter stärker ausgegast wurde, als das in der Sommerszeit, bei größerem Gasverbrauch des Badeplatzes, verarbeitete Fichten-, Tannen- und Kiefernholz. — Der Preis der unter a) genannten Hölzer stellt sich dem Gewicht nach am billigsten, der unter b) am teuersten.

Wenn man noch die Reinigungskosten und Arbeitsspesen hinzunimmt, die wieder je nach der Art des Holzes verschieden sind, so stellen sich 100 cbm Gas bei a) auf 6,7 Mark, bei b) auf 6,27 Mark und bei c) auf 6 Mark. Es erhellt hieraus, daß bei der finanziellen Kalkulation die harzreichsten Hölzer (c) für die Gasbereitung am vorteilhaftesten sind.

Hier mag noch die Bemerkung Platz finden, daß die Jahresproduktion der Gasfabrik Reichenhall sich auf 78000 cbm Gas beläuft. Das Gas besitzt eine Leuchtkraft gleich 18 Stearinkerzen (6 im Paket per Zollpfund); (sein Durchnittspreis stellt sich auf 36,4 Pfge. das Kubikmeter).

Bei den obiger Rechnung zu Grunde gelegten Holzpreisen erscheint es unter Umständen, trotz der hier berechneten höchsten Kosten des Gases, doch empfehlenswert, Buchenholz zu verwenden; dann nämlich, wenn in einem größeren Betriebe sich die Verarbeitung des Holzessigs und des Buchenteers zu wertvolleren Materialien rentabel erweist. Bei kleineren Fabriken erscheint jedoch die Vergasung von Nadelhölzern, wenn thunlich von Kiefernholz angezeigt.

Trotz der günstigen Erfahrungen, welche die jetzt noch bestehenden und die früheren Werke mit der Holzgasfabrikation überall gemacht haben, war dieser Art von Gasbereitung im allgemeinen doch nur eine kurze Dauer ihres Bestehens beschieden. Die Lage der gesamten großen Gasindustrie änderte sich unaufhaltsam zu gunsten der Steinkohlengasfabrikation, da einerseits die Holzpreise gegenüber der Kohle unverhältnismäßig anstiegen, andererseits die feineren Nebenprodukte der Steinkohlendestillation mit guten Preisen bezahlt wurden.

Als namentlich zu Anfang der sechziger Jahre, durch die Bemühungen des Vereins der Gasfachmänner Deutschlands, von seiten der Eisenbahnverwaltungen einzelner Bundesstaaten die Herabsetzung der Frachtsätze für die Kohlenbeförderung erlangt wurde, da war die Frage der Holzgasindustrie im großen und ganzen eine erledigte.

Das Holzgas erfordert weiterhin, was noch im technischen Teil dieses Werkes näher erörtert werden soll, größere Dimensionen der Apparate; endlich ist die Art der Reinigung (mittels Kalk) eine viel unbequemere und teurere, wie bei Steinkohlengas.

Die Frage, unter welchen Verhältnissen heute noch die Neuerrichtung einer Holzgasanstalt in Erwägung gezogen werden dürfe, beantwortet daher Direktor Hoßeus dahin, daß nur solche Gegenden in Frage kommen könnten, wo das Holz einen geringen Wert hat und dessen Ankauf für geraume Zeit zu annehmbaren Preisen gesichert erscheint. Dort würde dann auch das Bedenken der kostspieligeren, weil umfangreicheren Apparate, voraussichtlich belanglos sein, weil der Holzwert mit dem Werte von Grund und Boden Hand in Hand zu gehen pflegt und also hier wieder eine Verringerung des erforderlichen Anlagekapitals Platz findet.

Immerhin vermag die stetige Ausdehnung des Eisenbahnnetzes auch durch waldreiche Gegenden, in welchen bisher sich günstige Bedingungen für Holzgas fanden, für diese Fabrikation leicht kritisch werden. Das Bedenken erfährt aber wieder dadurch eine Minderung, daß bestehende Holzgasanstalten ohne erhebliche Aenderungen ihrer Betriebsanlage jederzeit ohne weiteres zur gewöhnlichen Steinkohlengasbereitung übergehen können.

Ganz anders verhält sich die Frage bei industriellen Anlagen, wo das Holz hauptsächlich wegen der Gewinnung seiner flüssigen Destillationsprodukte (Holzessig, Methylalkohol) vergast wird. In fast allen Fällen wird hier die Errichtung einer Holzgasanstalt für den eigenen Bedarf oder die Oeffentlichkeit, sei es zur Erzielung von Heizwirkung, zu Kraftzwecken oder für Beleuchtung, zu einem lukrativ sicheren Nebenverdienst sich gestalten.

Verschiedene Pflanzenteile.

Außer dem Holz sind noch verschiedene andere, der heutigen Pflanzenwelt angehörende Brennstoffe zur Gasbereitung herangezogen worden, welchen zwar der geringen Menge wegen, in der sie erhältlich sind, eine nur untergeordnete Bedeutung zukommen kann, die indessen im Hinblick auf Menge und Beschaffenheit des bei der Destillation erzielten Leuchtgases zu den besten zählen. Ihre Kenntnis ist insofern von Wichtigkeit, als sie bei örtlich häufigem Vorkommen ohne Bedenken zur Gasbereitung verwendet werden können.

Tannenzapfen. In umfangreichstem Maße sind von den Naturprodukten, um welche es sich hier handelt, Tannenzapfen (Tannäpfel) verarbeitet worden. Die als Zapfen bezeichneten weiblichen Blütenstände der Nadelhölzer bestehen aus einem spindelförmigen Stiel, um welchen herum die Früchte derartig angeordnet sind, daß die Deckschuppen der letzteren dachziegelartig übereinander lagern. Nach der Samenreife — im Oktober, mitunter auch erst Ende des Winters — beginnen die aufrecht stehenden Zapfen der Weißtanne (Edeltanne) ihre Fruchtschuppen abzublättern, und es bleiben zunächst nur noch die spindelförmigen Träger auf dem Triebe stehen. Anders verhalten sich die (nach unten hängenden) Zapfen der Fichte (Rottanne), diese fallen nach der Reife als ein Ganzes vom Baum.

Als Vergasungsmaterial würden sich hiernach Fichtenzapfen als geeigneter erweisen, da sie leichter zu beschaffen sind, indem sie nur vom Boden aufgelesen zu werden brauchen. Hinsichtlich der zu erzielenden Ausbeuten an Gas sind jedoch die harzreicheren Weißtannenzapfen die geeigneteren.

Als die hauptsächlichste Bezugsquelle des Zapfenmaterials treten die sogenannten Klengenanstalten auf, in welchen die Zapfen auf Darren ausgetrocknet werden, damit die eingeschlossenen Samen sich lösen und durch Herausschütteln gesammelt werden können (für forstwirtschaftliche Zwecke). Durch diese gründliche Trocknung wird zugleich das Material für die Vergasung günstig vorbereitet. Die Gaswerke zu Meran haben im Jahre 1874 durch den Bezug aus den Klengenanstalten rund 19000 kg Tannenzapfen zur Entgasung bringen können.

Reißig macht nähere Angaben über die Gasausbeuten aus Tannenzapfen und Teilen derselben. Es wurden erhalten aus 100 kg getrockneter Tannenzapfen 28,1 cbm Gas vom spezifischen Gewicht 0,620 bis 0,680. Das ungereinigte Gas enthielt einen mittleren Gehalt von 22 Prozent Kohlensäure. Die Kohle ist nicht verkäuflich, sie kann indessen zweckmäßig zur Heizung der Dampfkessel verwendet werden.

Sehr schwankende Ergebnisse lieferte die Vergasung von Samenflügeln verschiedener Tannen- und Fichtenzapfen, die in den Klengenanstalten als Abfall oft in großen Mengen erhalten werden, für dieselben aber nutzlos sind. Aus 100 kg des Materials erhielt man im Mittel etwa 21 cbm Gas vom spezifischen Gewicht 0,57. Der Kohlensäuregehalt des Rohgases betrug 20 bis 25 Prozent. — An Ausbeute und Güte steht dieses Gas dem aus den Zapfen selbst gewonnenen bedeutend nach. Ueber die Mengen der Verkohlungsrückstände finden sich keine Angaben.

Rinden. In einzelnen Fällen hat sich die Verwendung der Rinde verschiedener Hölzer für die Leuchtgasbereitung bewährt, wenngleich nur bedingt durch ganz besondere örtliche Verhältnisse. In Rußland bedienten sich zu diesem Zwecke mehrere Fabriken der Birkenrinde.

Korkabfälle. In Nerac (Frankreich) bereitete man Leuchtgas aus Abfällen der Korkstopfenfabrikation, welche bis zu 70 Prozent vom Gewicht der brauchbaren Korkstopfen betragen können. Auch in Bezug auf Ausbente und Güte des aus diesem Material erzielten Gases ließen die Ergebnisse nichts zu wünschen übrig. Aus 100 kg Korkabfällen wurden 50 cbm Gas erhalten, dessen Leuchtkraft bei einem stündlichen Verbrauch von 150 l (Schmetterlingsbrenner Nr. 10) 36 Kerzen betragen haben soll. Man berechnete die Ersparung dieses Gases gegenüber dem aus Steinkohle zu erhaltenden auf 50 Prozent.

Heute wird man wohl nirgends mehr Korkabfälle in der Gasfabrikation aufarbeiten, nachdem man namentlich viel lukrativere Arten für die Verwendung dieses Abfallproduktes ausfindig gemacht hat; es sei nur erinnert an die Herstellung von Isoliermassen und Linoleum.

Gerberlohe. Auch in gebrauchter Gerberlohe, die bekanntlich in Form sogenannter Lohkäse als Heizungsmaterial Verwendung findet, glaubte man ein Vorteil bietendes Vergasungsmaterial gefunden zu haben, und nahm auf diese Verwendung Murdoch im Jahre 1875 ein Patent. Die gebrauchte Gerberlohe — die gemahlene Eichen- oder auch Tannenrinde, welche durch

Auslaugen mit Wasser ihres Gerbstoffes beraubt wurde — ist nach Murdoch nur zu trocknen und kann nun unmittelbar vergast werden.

Reisabfälle. Aehnliche Patente nahmen im Jahre 1876 Niebuhr und Müller auf die Vergasung der Schalen von Reiskörnern, welche bisher als wertloses Abfallprodukt auf offenem Feuer verbrannt wurden.

Obstabfälle und Rückstände der Traubenweingewinnung sind in Frankreich als Rohstoffe für die Gasbereitung verarbeitet worden, letzteres Material auch in Deutschland (Kitzingen), woselbst man aus der **Weinhefe** ein schönes weißes und vollkommen geruchloses Gas erzielte, welches das aus bester Bogheadkohle gewonnene zu ersetzen vermochte. Der Verkokungsrückstand ließ sich als feinster schwarzer Farbkörper verwerten. In gleicher Weise hat das öfters genannte Gaswerk zu Meran, sowie ein Gaswerk in Kochem an der Mosel, **Traubentrester** zur Darstellung von Leuchtgas verwendet. Nach Ilgen werden die in Mauerziegelform gepreßten Trester im lufttrockenen Zustande in gewöhnlicher Weise der trockenen Destillation unterworfen. Aus 100 kg dieses Materials werden im Mittel 32,4 cbm Leuchtgas von der Lichtstärke guten Holzgases gewonnen, etwa 3 kg Teer, viel Gaswasser und 28 bis 30 kg Kohle, die als schwarze Farbe ein wertvolles Präparat (Rebenschwarz) darstellt. Aus der Kohle läßt sich außerdem durch Auslaugen mit Wasser und Eindampfen der Lösung Pottasche gewinnen.

Die Harze.

Als ein sekundäres Produkt der Lebensthätigkeit der Pflanzen muß an dieser Stelle der Harze Erwähnung geschehen, da denselben in der Gasbereitung vorübergehend eine große Bedeutung zugekommen ist oder insofern noch zukommt, als auf deren Gehalt im Holze, wie wir gesehen haben, der Wert des letzteren in der Holzgasbereitung im günstigen Sinne beeinflußt wird.

Die Harze gehen aus den in der Pflanze fertig gebildeten ätherischen Oelen hervor, indem sich die letzteren unter Sauerstoffaufnahme mehr und mehr verdicken. Bei einigen Gattungen — so namentlich bei den Nadelhölzern — fließen die Lösungen des Harzes in den ätherischen Oelen aus zufällig oder absichtlich hervorgebrachten Wunden des Stammes freiwillig aus. Die als Terpentin bezeichnete Mischung kann hier zu einer spröden Masse vollständig verharzen. Man gewinnt auch das Harz, indem man Terpentin der Destillation unterwirft, wobei die in der Wärme flüchtigen ätherischen Oele entweichen und durch Kondensation für sich aufgefangen werden (Terpentinöl), während die harzigen Anteile des Terpentins als eine geschmolzene Masse hinterbleiben, die nach der Abkühlung zu einem mehr oder weniger festen Kuchen erstarrt (Pech, Kolophonium).

Die meisten der Harze sind von gelber bis braunroter Farbe, sind spezifisch etwas schwerer als Wasser und, je nach dem Grad der Entfernung des Terpentinöls, von bei gewöhnlicher Temperatur wachsweicher bis spröder Beschaffenheit.

Die elementare Zusammensetzung der Harze ist eine äußerst wechselnde, wie die letzteren ja auch keine homogene Substanz darstellen. Wesentliche Bestandteile bilden jedoch zwei Säuren, die Sylvin- und Pininsäure, welche beide 79,5 Prozent Kohlenstoff, 9,9 Prozent Wasserstoff und 10,6 Prozent Sauerstoff enthalten.

Als Vergasungsmaterial kann das Harz selbstverständlich nur da in Betracht gezogen werden, wo die Preisfrage seine Verwendung gestattet. So wurde es seinerzeit bei billigem Bezug als Kolophonium aus Nordamerika an einigen europäischen Plätzen vergast, indem man das Harz in geschmolzenem Zustand behandelte, wie dies bei der Oelgasbereitung geschieht, von welcher weiter unten die Rede sein wird. — Mit großem Nutzen verarbeitete das Gaswerk in Meran innerhalb 4 Jahren etwa 15000 kg sogenannte Pechschlacken, die bei dem Pechsieden erhaltenen Rückstände. Die hierbei gemachten Beobachtungen waren recht befriedigende. Es wurden aus 100 kg Vergasungsmaterial etwa 30 cbm eines sehr lichtstarken Gases erzielt, das sich besonders zur Aufbesserung des Holzgases empfahl, wenn letzteres etwa infolge nicht ganz rationell geleiteten Betriebes nicht genügend von Kohlensäure befreit worden war.

Die Mineralöle.

Man bezeichnet als Mineralöle die fossilen, flüssigen Brennstoffe, welche fertig gebildet in der Natur vorkommen (Petroleum), wie auch die aus fossilen festen Brennstoffen, der Braunkohle und den bituminösen Schiefern (Blätterschiefern) künstlich hergestellten Destillate, Braunkohlenteer, Schieferöl. Dieselben finden zum Teil in der Gasbereitung ausgedehnte Verwendung, nämlich zur Herstellung des sogenannten Oelgases und auch als Aufbesserungsmaterial in der Steinkohlengasbereitung.

Würde man die trockene Destillation der Braunkohle und der dieser in geologischer Beziehung verwandten sogenannten bituminösen Schiefer derartig leiten, wie dies bei der Holzgasbereitung geschieht, indem man die entwickelten Dämpfe in den Retorten von hierzu geeigneten Größen sofort weiter erhitzt, so würde sich daraus ohne Zweifel ebenso gut unmittelbar ein Leuchtgas von zufriedenstellender Beschaffenheit erzielen lassen, wie aus Holz. Es ist schon früher auseinandergesetzt worden, warum sich die direkte Vergasung der Braunkohlen im allgemeinen nicht empfiehlt. Für die Industrie hat es sich als rationell erwiesen, die Braunkohle und ähnliche Brennstoffe zunächst nur auf flüssige Destillationsprodukte zu verarbeiten, und sodann bestimmte Anteile der letzteren erst für die Gasindustrie nutzbar zu machen.

Braunkohlenteer. Mit der Gewinnung der flüssigen Destillationsprodukte aus Braunkohlen befaßt sich eine umfangreiche Industrie, welche namentlich in der Provinz Sachsen und in Thüringen ihren Sitz hat. Der Vorgang der trockenen Destillation wird hier als „Schweelung" bezeichnet.

Die Braunkohle wird zum Zwecke der Schweelung in stehenden oder liegenden Eisenretorten oder auch in schachtartigen Oefen mit ununterbrochenem Betriebe erhitzt; die Destillationsprodukte werden mittels weiter Röhren durch Kondensationsvorrichtungen geleitet, die ähnlich beschaffen sind, wie diejenigen der Gasanstalten. Hier findet eine Trennung der teerartigen Bestandteile und des Wassers von den permanenten Gasen statt, welch letztere nun in die Luft abgeleitet werden. Nur in einzelnen Fällen hat man versucht, die Gase in einem Gasometer zu sammeln oder unmittelbar vom Austritt der Reinigungsapparate in die Retortenöfen zur Unterstützung der Heizung zu leiten; mit praktischen Erfolgen scheinen jedoch diese Versuche nirgendwo begleitet gewesen zu sein.

Der Verlauf der Schweelung ist ein wesentlich verschiedener von dem der Destillation der Steinkohlen, er ähnelt mehr demjenigen des Holzes. Die Entwickelung flüchtiger Produkte — abgesehen vom Wasserdampf — beginnt schon bald über 100° C. Es treten erst Dämpfe von Ammoniak, auch organischen Säuren auf, späterhin bilden sich kondensierbare Stoffe, die eigentlichen teerartigen Produkte, erst bei Rotglut treten permanente Gase auf.

Vohl hat die Verhältnisse der hierbei entstehenden einzelnen Bestandteile im großen Betriebe beobachtet; es ergaben (in Gewichtsprozenten):

Braunkohlen von	Teer	Ammoniakwasser	Rückstand	Gas u. Verlust
Frankenhausen (Thüringen) . . .	5,6	26,5	50,3	17,6
Aschersleben (Sachsen) Nr. I . .	12,7	12,0	60,4	14,9
„ „ „ II . .	10,0	13,1	61,5	15,4
Stockheim bei Düren (Kölner Becken)	1,5	35,5	37,5	25,5
Kassel Nr. I	6,7	61,2	29,4	2,7
„ „ II	5,0	42,5	36,2	16,3
Minden	2,9	50,0	31,4	15,7
Oldisleben (naß)	6,1	56,2	29,4	8,3
„ (getrocknet)	7,5	35,0	38,4	19,1
Eisgraben, Hermann	2,5	60,0	30,5	7,0
„ Meta	3,2	63,0	28,5	5,3
Bischofsheim (erdige Kohle) . .	1,9	46,7	41,2	10,2
„ (holzige „) . .	2,8	50,0	36,3	10,9
Weisbach (erdige Kohle)	3,7	46,7	49,6	1,0

Von diesen Produkten der Braunkohlendestillation sind für uns nur die teerartigen Bestandteile von Interesse. Der Braunkohlenteer stellt, wenn er durch die Kondensation abgeschieden und noch warm ist, ein dickflüssiges Oel dar, welches bei gewöhnlicher Temperatur Butterkonsistenz annimmt und in der Nähe des Gefrierpunktes zu einer festen Masse erstarrt. Seine Farbe, im allgemeinen braun, ist eine um so hellere, je heller die Braunkohle war, aus welcher der Teer stammt. Der Braunkohlenteer stellt, ähnlich dem aus Steinkohlen erhaltenen Teer, ein Gemisch dar von flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen, Basen und Säuren. Am wichtigsten sind die Kohlenwasserstoffe, die nach Entfernung der Basen und Säuren wieder in einzelne Produkte zerlegt werden, und zwar durch sogenannte fraktionierte Destillation, indem

man destilliert und die innerhalb bestimmter Temperaturintervallen siedenden Anteile getrennt für sich auffängt. Sie gelangen unter verschiedenen Handelsbezeichnungen in den Verkehr und dient jedes besonderen technischen Zwecken.

Ein solcher Bestandteil ist das Paraffin, welches dem Braunkohlenteer die feste Konsistenz in der Kälte verleiht. Niedriger siedende Anteile, die dem Paraffin in chemischer Hinsicht nahe verwandt sind und die teilweise als Beleuchtungsmaterialien Verwendung finden, sind das Paraffinöl (Siedepunkt 320°; spez. Gewicht 0,89 bis 0,91) und Schmieröl (Siedepunkt 290 bis 320°; spez. Gewicht 0,88 bis 0,90), ferner Solaröl (Siedepunkt 220 bis 290°; spez. Gewicht 0,82 bis 0,88), Photogen (Siedepunkt 170 bis 220°; spez. Gewicht 0,75 bis 0,82), Braunkohlenbenzin (Siedepunkt 130 bis 170°; spez. Gew. 0,71 bis 0,75).

Das als Paraffinöl erhaltene Rohprodukt, aus welchem durch Kristallisation das Paraffin abgeschieden wurde, findet vielfach als mineralisches Maschinenschmieröl Verwendung. Außerdem ist es für die Gasfabrikation von größter Bedeutung, da es ein vorzügliches Material für die Oelgasbereitung bildet.

Von den Säurebestandteilen des Braunkohlenteers besitzt die Karbolsäure Bedeutung. Außerdem wird, als Nebenprodukt, noch Kreosot gewonnen und als letzte Rückstände Asphalt und sog. Goudron.

Den Mengen nach erhält man nach Vahls Versuchen aus Braunkohlen verschiedener Abstammung, bezw. aus dem Teere derselben, durch Fraktionierung die folgenden Mengen an Photogen (leichtes Oel, spez. Gewicht 0,82), Gasöl (Schmieröl, spez. Gewicht 0,87), Paraffin, Asphalt und Karbolsäure nebst dem Rest. Die Zahlen sind auf 100 Gewichtsteile Teer bezogen.

Fundort der Braunkohle	Photogen	Gasöl	Paraffin	Asphalt	Karbolsäure und Verlust
Frankenhausen . . .	33,4	40,0	6,7	17,3	2,4
Aschersleben . . .	33,5	40,0	3,3	18,1	5,0
Stockheim b. Düren .	17,5	26,6	3,2	16,9	36,7
Kassel	16,4	27,1	4,3	14,3	37,8
Münden	17,5	26,2	5,0	18,6	32,5
Oldisleben	17,7	26,6	4,4	17,5	33,7
Harbke	15,5	11,1	3,5	22,2	47,5
Tilleda	16,6	18,0	4,4	11,1	49,7
Bensberg b. Köln . .	16,3	19,5	3,4	13,1	47,4
Röhngebirge . . .	10,6	19,3	1,2	16,9	51,8

Ueber die Gewinnung des Paraffinöls, das bei der Reinigung des Paraffins zurückbleibt, noch einige Worte, da dieses Produkt aus den Bestandteilen des Braunkohlenteers für uns weitaus das wichtigste ist; es kommt zum Zwecke der Gasbereitung als Gasöl in den Handel.

Bei der fraktionierten Destillation des Braunkohlenteers werden insbesondere auch diejenigen Produkte getrennt für sich aufgefangen, deren spezifischen Gewichte zwischen den Grenzen von 0,88 bis 0,91 sich bewegen. Das Gemenge besitzt die Eigenschaft — infolge seines Paraffingehaltes — bei gewöhnlicher Temperatur zu erstarren. Durch Kristallisation in der Kälte

scheidet sich aus diesem Destillationsprodukte Paraffin in glänzenden Blättern ab; dieses wird von dem übrigen Bestandteil, der ein dickes Oel bildet, durch Nutschen (Absaugeapparate), Filterpressen oder Centrifugen getrennt. Aus dem Oel kann sodann durch nochmalige Destillation ein in Lampen verwendbares Produkt ausgeschieden werden, welche mit dem bereits früher, in größeren Mengen gewonnenen, als Solaröl bezeichneten Destillat vermengt wird. Der sehr schwerflüchtige, dickflüssige Rückstand wird als Paraffinöl bezeichnet; außer zur Gasbereitung dient dasselbe noch als Schmiermittel. In dem Paraffinöl ist noch eine kleine Menge nicht auskristallisierbaren Paraffins enthalten.

Ueber die Chemie der neutralen Produkte aus Braunkohlenteer weiß man nur soviel, daß letztere ihrer Zusammensetzung nach den natürlichen Mineralölen (Erdölprodukte) nahe verwandt sind, indem sie nämlich wie diese, kohlenstoffreiche Glieder der Methan-(Sumpfgas-)Reihe darstellen.

Erdölrückstände. Die gleiche Bedeutung in der Leuchtgasindustrie wie die Produkte der Braunkohlenschweelung besitzen die natürlichen Mineralöle, das Rohpetroleum; und ganz besonders sind es die bei der Reinigung des letzteren sich ergebenden Erdölrückstände, welchen wir in Bezug hierauf die Aufmerksamkeit schenken müssen. Das Rohpetroleum hat seine Hauptfundstätte in Nordamerika und im Kaukasus; in Deutschland tritt es auf in Pechelbronn i. E. und in Oelheim.

Das Erdöl ist nach den neuesten Forschungen Englers mit größter Wahrscheinlichkeit aus dem Fett von Fischen hervorgegangen, indem dieses, ein gegenüber der Verwesung sehr widerstandsfähiger Stoff, bei der Verfaulung der organischen Teile der Fischleichen zurückblieb, und später durch geologische Lagerungen bedingten erhöhten Druck und Temperaturen sich unter Umlagerung seiner kleinsten Teile in Petroleum umsetzte. Thatsächlich gelang es dem genannten Gelehrten, Fischthran durch Erhitzen auf 300° unter gleichzeitigem erhöhtem Druck in Rohpetroleum überzuführen, das sich in nichts von dem natürlich vorkommenden unterschied.

Das Roherdöl stellt eine leichtbewegliche Flüssigkeit dar; es ist farblos bis schwarz und besitzt meistens einen blauen Schiller (Fluoreszenz); sein spezifisches Gewicht schwankt zwischen 0,8 und 0,96.

Durch fraktionierte Destillation wird nun das Rohpetroleum in mehrere Produkte getrennt, welchen je nach Siedepunkt, Entflammbarkeit und anderen Eigenschaften eine besondere Verwendungsweise zukommt. Der niedrig siedenden Anteile bedient man sich vorzugsweise als Lösungsmittel (Gasolin, Naphtha, Benzin); die Produkte vom Siedepunkt 150 bis 300° dienen als Leuchtöl, noch höher siedende Anteile, welche als Paraffinöl, kurz auch als Erdölrückstände bezeichnet werden, können zur Leuchtgasbereitung (auch als Schmieröl) verwendet werden. Die Mengenverhältnisse dieser einzelnen Bestandteile wechseln außerordentlich, je nach dem Fundorte des Rohöles. So bestimmte Engler in 100 Gewichtsteilen Rohpetroleum

	Leuchtflüchtige Oele	Leuchtöl	Rückstände
von Pennsylvanien	10 bis 20	60 bis 75	5 bis 10
„ Galizien	3 „ 6	55 „ 65	30 „ 40
„ Rumänien	4	60 „ 70	25 „ 35
„ Elsaß	—	35 „ 40	55 „ 60

Die Mineralöle als Vergasungsmaterial. Die wichtigsten Vergasungsöle, welche in der Mineralgasbereitung zur Verwendung kommen, hat Küchler in einer Tabelle zusammengestellt, mit der gleichzeitigen Angabe der spezifischen Gewichte der Oele, deren Gasausbeute, sowie des dem erzielten Gase zukommenden Leuchtvermögens. (Das Zeichen < bedeutet: höher als.)

Oelart		Spez. Gewicht	Ausbeute an Gas in Kubikmetern aus 100 kg	Leuchtkraft von 100 l in Kerzen *)
Amerikanisches Petroleum	raffiniert	0,780—0,782	104—110	32,9
	roh	0,800—0,900	<81	30—31,9
	Rückstände	<0,900	etwa 74	etwa 29,7
Thüringische Paraffinöl-Rückstände	rotbraun	0,880—0,890	70—74	29,7—32,4
	hellrotbraun	0,865—0,875	70—73	28,3—31,1
	Kreosot	<0,900	44—46	24,3—25,6
Schottische Paraffinöl-Rückstände		<0,900	etwa 74	etwa 29,7
Schieferöl, Reutlingen		<0,900	„ 74	29,7—31,4
Rohpetroleum aus San Giovanni		<0,960	„ 60	etwa 27
Galizisches Rohpetroleum		—	„ 74	29,7—31,1

Auch bei der Wertbestimmung der Mineralöle zur Leuchtgasbereitung empfiehlt es sich, wie bei derjenigen fester Vergasungsmaterialien, sich nicht auf die physikalischen und chemischen Merkmale allein zu verlassen. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes dürfte die einzige vorläufige Untersuchung bilden, im übrigen muß man sich mittels der praktischen Probe Rechenschaft zu geben suchen, wenn man den Wert eines vorliegenden Vergasungsöles erfahren will. Dies wird hier um so eher durchführbar sein, als man mit kleineren Mengen arbeiten und den Betrieb leicht untersuchen kann, so daß der Anfang und das Ende einer Operation von der vorangehenden und nachfolgenden mit größerer Bestimmtheit abgegrenzt werden können, als dies etwa bei einem Versuch mit der Vergasung der Steinkohle mitten im Betriebe möglich ist.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Oele erfolgt mittels des 1000teiligen Aräometers oder der Westphalschen Wage.

Zur Gasbereitung könnten alle aus dem Braunkohlenteer ausgeschiedenen Stoffe dienen, ihres hohen Preises wegen sind die meisten jedoch hierfür ungeeignet. Verwendung kann bloß der Rückstand, das Paraffinöl, finden, dem sonst, bei gewisser Konsistenz, nur noch ein Wert als Schmieröl zukommt. Nach Hübner eignet sich nicht zur Gasbereitung das sogenannte rohe Kreosot („die letzten Centner"), welches als der am schwersten siedende Anteil des Braunkohlenteers bei dessen Verarbeitung auf Mineralölprodukte und bei der Reinigung der letzteren jeweils in der Destillierblase zurückbleibt. Diese Massen ergeben bei der trockenen Destillation eine nur geringe Gasausbeute, wie

*) Gasverbrauch in 1 Stunde.

auch aus der Küchlerschen Tabelle zu ersehen ist. Zu Schieferöl oder Paraffinöl gemengt verschlechtern sie auch diese als Vergasungsmaterial.

Im übrigen hat es sich gezeigt, daß sich die verschiedenen Braunkohlenteer- bezw. Paraffinölsorten, so wie sie in der Mineralölindustrie als Abfallprodukte erhalten und an die Gastechnik abgegeben werden, in Bezug auf die Menge und Beschaffenheit des bei der trockenen Destillation erzielten Gases merkwürdig übereinstimmend verhalten; und nur die verschiedene Leitung des Vergasungsprozesses ist es, welche das Ergebnis nach der einen oder anderen Richtung hin beeinflußt. Namentlich kommt der bei der Destillation innegehaltenen Temperatur ein ganz erheblicher Einfluß in Bezug auf die Beschaffenheit des Gases zu, viel mehr, als dies etwa bei der Steinkohlengas-Darstellung der Fall ist. Die Erfahrung hat auch hier gezeigt, daß bei hohen Temperaturen der Oelgasretorten eine reichliche Gasausbeute erzielt wird, daß hingegen das Gas eine nur geringe Leuchtkraft besitzt. Umgekehrt erhält man bei zu niedrigen Temperaturen wenig Gas von hoher Lichtstärke. (Die ganz gleichen Wahrnehmungen hat man auch in Hinsicht auf den Verlauf der Fettgasdestillation gemacht; vergleichende Ergebnisse hierüber sind an der betreffenden Stelle tabellarisch zusammengestellt.)

Die mineralischen Oele werden als Vergasungsmaterial in zweierlei Form zur Anwendung gebracht; entweder vergast man sie unmittelbar, wie dies bei der eigentlichen Oelgasdarstellung geschieht, oder man verarbeitet sie mit der Steinkohle zusammen, wie bei dem gewöhnlichen Retortenbetrieb, wobei sie in der Weise eines Aufbesserungsmaterials in geringen Mengen der Kohle zugesetzt werden.

Vergasung der Oele. Was die erstgenannte Art der Vergasung betrifft, so muß hierauf etwas näher eingegangen werden, sofern dieselbe von den bisher behandelten Verfahren, welche in der Steinkohlen- und Holzgasdarstellung ihre wesentlichen Merkmale besitzen, abweicht und nunmehr als eine dritte Form den beiden vorhergehenden sich anreiht. Die Beschaffenheit der flüssigen Brennstoffe zeichnet den Weg vor, welcher zu ihrer Vergasung einzuschlagen ist. Der verhältnismäßig niedere Siedepunkt dieser Stoffe einerseits, andererseits hohe Temperaturen, welche zur Zersetzung der gebildeten Dämpfe erforderlich sind, stellen die allmähliche Zuführung kleiner Mengen des Materials zur Bedingung. Man läßt daher die Oele mittels geeigneter Vorrichtungen in dünnem Strahl in erhitzte Retorten einfließen, wobei sie rasch verdampfen, die Dämpfe aber an den glühenden Retortenwänden vollständig vergast werden. Die hierbei gebildeten Produkte sind in vorwiegender Menge permanente Gase, nämlich Methan, schwere Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff, Kohlenoxyd und geringe Mengen Stickstoff; also diedas reine Steinkohlengas im wesentlichen ausmachenden Bestandteile. Die verunreinigenden Bestandteile fehlen fast gänzlich. Es treten auch wenig teerartige Produkte auf, wodurch die Kondensationsanlagen auf einen entsprechend geringen Umfang eingeschränkt werden können. Das fast gänzliche Fehlen von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff gestattet des weiteren eine äußerst einfache Anlage der zur Entfernung dieser Anteile nötigen Apparate, der Reiniger; es ist hierzu zu bemerken, daß sich im Gas von Braunkohlenteer oder Paraffinöl, welches etwas Sauerstoff enthält, die Kohlensäure in

Mengen von 1/2 bis 1 Prozent findet, mitunter auch etwas Schwefelwasserstoff.

Eine genaue Analyse des Paraffinölgases liegt von Hilger vor; 100 Raumteile des Gases enthielten:

Schwere Kohlenwasserstoffe	28,9,
Leichte Kohlenwasserstoffe	54,9,
Wasserstoff	5,6,
Kohlenoxyd	8,9,
Kohlensäure	0,8.

Bei einer solchen Zusammensetzung des Rohgases kann von einer Reinigung überhaupt abgesehen werden und ist wohl kaum noch besonders darauf hinzuweisen, daß darin einer der hauptsächlichsten Vorzüge der Oelgasfabrikation besteht. Dieselben erlangen noch eine besondere Bedeutung in allen denjenigen Fällen, wo es sich, wie in der Regel, um die Anlage kleiner Oelgasanstalten handelt, für deren Errichtung ein nur geringes Anlagekapital zur Verfügung zu stellen ist.

Man nimmt bei Oelgas häufig wahr, daß die Leuchtkraft des frisch bereiteten Gases nach einigen Tagen abnimmt, wenn es im Gasometer aufbewahrt wird. Dies rührt offenbar nur daher, daß ein Teil der Dämpfe schwerer Kohlenwasserstoffe, die sich im Oelgas, wie schon bemerkt, in größerer Menge bilden, aus dem Gase niedergeschlagen wird, wenn letzteres im Gasometer Abkühlung auf geringere Temperatur erfährt, als es solche beim Austritt aus den Apparaten besessen hatte. Will man daher den Leuchtwert des Gases sofort nach seiner Herstellung in richtiger Weise ermitteln, so hat man dafür Sorge zu tragen, daß die Beobachtung bei der nämlichen Temperatur angestellt wird, wie die im Gasometer herrschende.

Weiter oben wurde dargethan, daß die verschiedenen Mineralöle Gas von fast gleicher Zusammensetzung zu liefern vermögen. Wenn wir nun auf der anderen Seite den bei der Vergasung sich geltend machenden Einfluß der verschiedenen Temperaturhöhen in den Retorten auf die Beschaffenheit des Gases in Betracht ziehen, so finden wir, daß selbst bei verschiedenen Betriebsbedingungen das Ergebnis der Gasausbeute und Lichtstärke ein nicht sehr verschiedenes sein kann, wenn man die Produkte aus beiden Faktoren ins Auge faßt; hohe Temperatur: viel Gas, geringe Leuchtkraft; niedere Temperatur: wenig Gas, große Leuchtkraft. Immerhin hält man, nach Hübner, den Verlauf der Destillation für den günstigsten, wenn aus 100 kg Mineralöl 51 bis 56 cbm Gas erzielt werden, dann zeigt das Gas (pro 100 l und Stunde) eine mittlere Leuchtkraft von 29 Kerzen, und es ist das Produkt aus den beiden Faktoren 51 und 29, beziehungsweise 56 und 29, das höchste, günstigste; es ist etwas geringer, wenn die Gasausbeute hinter 51 cbm zurückbleibt; in höherem Grade ungünstig gestaltet sich dasselbe, wenn die Produktion sich auch um nur weniges über 56 cbm erhebt.

Die bei der Mineralölvergasung auftretenden flüssigen Destillationsprodukte, welche in der Vorlage, bezw. den Kondensationsapparaten gesammelt werden, können eine besondere Verwendung nicht finden. Sie gehen jedoch keinesfalls verloren, da sie immer wieder und mit Vorteil in die Retorte zur Vergasung zurückgegeben werden.

Nicht sämtliches Material jedoch wird in Gas übergeführt. Es wird bei der Zersetzung der Oele stets etwas Kohle abgeschieden, die sich in der

Die Vergasungsmater

Sämtliche organischen Gebilde geben, für sich u
hitzt, brennbares Gas. Die Art, auf welche sich diese
wurde im vorangehenden Abschnitt bereits eingehend e
Kapitel soll sich nun mit der Frage beschäftigen, welc
schen Stoffe für die Gasbereitung vornehmlich in Betr

Vor allem sind namhaft zu machen die eigentlich
die Steinkohle, die Braunkohle, der Torf un
hin die mehr als Leuchtstoffe und auch zu anderen Zwe
lischen, pflanzlichen und tierischen Fette und Oele,
Harze, und endlich organische Abfallprodukte.

Der Wert der genannten Stoffe für die Gasbereit
sächlich nach dem gegenseitigen Verhältnis, in welchem K
stoff in denselben enthalten sind und der Sauerstoff d
die beiden erstgenannten Grundstoffe vornehmlich die das
setzenden Gasarten bilden. Die von alters her gebrauc
Fette und Oele, stehen hier in erster Linie. Uebertro
von den mineralischen Leuchtstoffen, da diese keinen
Der Wasserstoff überwiegt bei allen diesen Materialien
bei der Destillation fast aller Kohlenstoff gasförmig mit
nur eine geringe Menge als solcher in der Retorte zur
hält von einem gegebenen Gewicht dieser Stoffe mehr Ga
Leuchtkraft, als von irgend einem der eigentlichen Br
jüngeren derselben, insbesondere beim Holz, ist zwar, dan
Sauerstoff, der namentlich viel Kohlensäure und Koh
Menge des zurückbleibenden Kohlenstoffs auch nicht gera
Mittel ca. 18 Prozent Holzkohle. Das Gas hat jedoch kei
kraft. Steinkohlen geben 60 bis 90 Prozent Rückstand
Koks. Der größten Ausbeute an Gas entspricht auch
Leuchtkraft. Die kohlenstoffreichste Steinkohle (Anthracit)
ringe Menge Gas ohne jede Leuchtkraft; das günstigste
blick auf Ausbeute und Leuchtkraft gibt die sogenannte ba



Retorte ansammelt, und nach einiger Zeit, wenn ihre Menge eine reichlichere geworden ist, daraus entfernt werden muß. Verwendung kann dieselbe, außer zum Brennen, nicht finden.

Für zentrale Versorgung einer ganzen Stadt ist die Mineralölgasfabrikation in Deutschland nur in einem einzigen Falle vorübergehend zur Anwendung gelangt, nämlich zu Weißenfels in Thüringen (Anfang der siebziger Jahre). Dort konnte man, wenn auch nur vorübergehend, unter der Begünstigung der örtlichen Lage inmitten der Braunkohlenindustrie, die teerartigen Produkte der Schweelung mit großem Vorteil als Vergasungsmaterial benutzen. Die inzwischen erfolgte Preissteigerung der Mineralöle hat deren Verwertung in der großen Gastechnik — zu gunsten der Steinkohlen — beiseite gestellt. Sie haben indessen ihre ursprüngliche Bedeutung in ungeschwächtem Maße bewahrt für die Oelgasbereitung überhaupt, welcher neben der großen Gastechnik eine besondere Stelle zukommt. Aus letzterem Grunde können uns auch die Weißenfelser Erfahrungen noch von Interesse sein, weil die dortigen in einer großen Anstalt gemachten Beobachtungen, im Sinne der gewohnten Betriebskontrolle ausgeführt, wohl als ein Maßstab zur Vergleichung mit der Steinkohlengasbeleuchtung angesehen werden dürfen.

Die Weißenfelser Gasanstalt verarbeitete im Betriebsjahr 1874/75 rund 17000 kg Paraffinöl mit einer Ausbeute von 50 cbm Gas aus 100 kg Oel; die Beschaffenheit des erzielten Gases war eine äußerst zufriedenstellende, indem es, unter Beobachtung einheitlicher Verhältnisse, mindestens 3fache Lichtstärke von derjenigen des gewöhnlichen Steinkohlengases zeigte.

Die Mineralölgas-Darstellung besitzt ihre Bedeutung da, wo es sich um die Anlage von Beleuchtungsanlagen handelt, die einen nur engen Kreis mit Leuchtgas zu versorgen haben; so bei einzelstehenden Fabriken, Gasthöfen, Irrenanstalten, kurz allen vereinzelten Privatanstalten, wie auch kleineren Gemeinden.

In dieser Beziehung ist die Behandlung der Frage von Interesse, inwieweit die Mineralölproduktion — es kann für uns wegen der Zollverhältnisse nur die deutsche in Betracht kommen — den Bedarf für die Gasfabrikation zu decken vermag. Nach Krakow produzierte der Bergbezirk Halle a. S. Mitte der achtziger Jahre jährlich 320 bis 330 Tausend Centner Oele, wovon etwa 50000 Centner als Schmieröl und Asphalt verwendet werden; es verbleiben der Gasbereitung also etwa 280000 Centner Gasöl. Deutschland besitzt etwa 600 Oelgasanstalten, deren jede durchschnittlich jährlich höchstens 250 Centner Mineralöl beanspruchen (es gibt kleine Oelgasanlagen, welche jährlich nur wenige Fässer Oel zu 3 Centner verarbeiten). Auf Grund dieser Angaben würden zur Zeit jährlich höchstens 150000 Centner Gasöl verarbeitet. Der große Rest (von jährlich etwa 125000 Centnern) geht ins Ausland (als Abnehmer ist, der günstigen Zollverhältnisse wegen, die Schweiz namhaft zu machen).

Im Jahre 1877 betrug die Zahl der einzelnen Mineralöl-Gasanstalten in Deutschland 300; damals wurden im Jahre 120000 Centner aus Thüringen stammendes Paraffinöl vergast. Grabowsky, welcher eine diesbezügliche Statistik aufgestellt hat, gibt die durchschnittliche Ausbeute aus 100 kg des Paraffinöls auf 55 cbm an. Das spezifische Gewicht des erzielten Gases beträgt 0,86 bis 0,89; es ist demnach nahe doppelt so hoch wie dasjenige des gewöhnlichen Steinkohlengases. Die Leuchtkraft des aus

Mineralölen erhaltenen Gases wird als die $2^1/_2$ bis $3^1/_2$fache der des gewöhnlichen Steinkohlengases angegeben.

Die Mineralöle als Aufbesserungsmaterial. Vielfach hat man mit gutem Erfolg Mineralöle zur Aufbesserung des Kohlengases gebraucht, ähnlich wie man auch gewisse Braunkohlen zur Erzielung leuchtkräftigeren Gases verwendet. Man kann dabei in verschiedener Weise zu Werke gehen.

Das Gaswerk Hamburg verwendete Paraffinöl als Aufbesserungsmaterial in der Art, daß man das Oel, in Steinkrügen eingefüllt, mitten in die Kohlenladung einlegte. Erst nachdem die Zersetzung der Steinkohle bereits begonnen hat, bringt die Wärme soweit in das Innere der Ladung vor, daß die Steinkrüge zum Zerplatzen gebracht werden. Das Oel verdampft jetzt, und wird in Berührung mit den glühenden Retortenwänden vergast.

Den meisten Anklang hat wohl das Verfahren Riebecks gefunden, worauf der Genannte 1880 ein Patent erhielt. Nach letzterem wird Steinkohlenpulver, Braunkohle (unmittelbar oder nach vorhergegangener Trocknung) oder Sägemehl mit Paraffinöl getränkt. Man kann auf diese Weise dem Kohlenstaub etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ seiner Gewichtsmenge Paraffinöl einverleiben, Sägemehl sogar das Doppelte des eigenen Gewichtes. Durch das dicke Oel werden die pulverigen Stoffe soviel zusammengehalten, daß sie mehr oder weniger feste Stücke bilden; als solche können sie mit der Gaskohle zusammen nach der Art eines festen Aufbesserungsmaterials in die Retorte gegeben werden.

Die Menge des einer Retortenladung beizugebenden Oeles wird auf 1 bis 3 Prozent von der Gewichtsmenge der ganzen Ladung zu bemessen sein. — Nach den Beobachtungen Jenkes verliert die mit Paraffinöl getränkte Kohle selbst nach jahrelangem Liegen nicht an Gewicht; auch soll sie nicht zur Selbstentzündung neigen. Der Genannte gibt die Mehrausbeute an Gas bei einem Zusatz von 3 kg Paraffinöl zu 100 kg Gaskohlen auf 3 bis 5 cbm Gas an; andere sprechen von nur 2 cbm. Die Zunahme der Leuchtkraft des Gases soll, bei Zusatz von 1 Prozent Oel zur Retortenladung, annähernd $1^1/_2$ Kerzen betragen.

Den vorliegenden Berichten nach eignet sich das Riebecksche Verfahren ganz vorzüglich zur Aufbesserung geringeren Gases. Insbesondere sprach sich Schiele, Direktor des Frankfurter Gaswerkes, in einer Kritik des Verfahrens dahin aus, daß die Ueberführung des zur Gaskohle zugegebenen Oeles in permanente Gase eine vollkommene ist, und nicht zu befürchten steht, daß in der Winterkälte verdichtbare Dämpfe in dem Rohrnetz des Versorgungsgebietes ausgeschieden werden.

In neuerer Zeit haben sich allerdings auch Nachteile des Verfahrens von Riebeck gezeigt, darin bestehend, daß bei den in der neueren Gastechnik üblich gewordenen, viel höheren Destillationstemperaturen die mit Oel getränkten Stoffe häufig nicht rasch genug in die Retorten eingebracht werden können. Die Vergasung beginnt, noch bevor die Retorten wieder geschlossen sind; das sich reichlich entwickelnde Gas schlägt aus der Mündung der letzteren in mächtiger Flamme heraus und kann den Arbeitern gefährlich werden.

Ueber die Art der Vergasung der Petroleumrückstände bedarf es, im Hinblick auf die gleiche der Schweelprodukte, keiner besonderen Ausführung mehr. Es erübrigt nur noch zu erwähnen, daß auch die leichteren Erdöldestillationsprodukte in einzelnen Fällen zur Vergasung verwendet werden,

derart, daß man ihre Dämpfe durch im Betrieb stehende und mit Kohle geladene Retorten der gewöhnlichen Art hindurchleitete. Ein derartiges Verfahren kann selbstredend nur da zur vorteilhaften Anwendung gelangen, wo die Preislage der fraglichen Materialien, wie in Nordamerika, eine niedere ist.

Eine in ihren Grundzügen gleiche Art der Verwertung von Mineralölen zur Gasbereitung hat man in der Gasanstalt „Fleurier" zur Anwendung gebracht. An dem geschlossenen Ende der auf gewöhnliche Weise mit Steinkohle beschickten Retorte werden in diese durch ein Rohr in dünnem Strahle Gasöl eingeleitet, welches nun verdampft, und auf seinem weiteren Weg nach dem Ausgang der Retorte vollständig vergast.

Man hat auch in einer besonderen Retorte Paraffinöl verdampft und die flüchtigen Produkte durch eine im Betrieb der gewöhnlichen Steinkohlengaserzeugung befindliche Retorte geleitet.

Als ein Nachteil der gleichzeitigen Steinkohlen- und Paraffinöl-Gasbereitung wurde geltend gemacht, daß die chemische Beschaffenheit der aus den einzelnen Materialien zu erzielenden Teere voneinander verschieden ist, wodurch die weitere Verarbeitung eines gemischten Teers, so wie diese für reinen Steinkohlenteer geleitet wurde, als fraglich erscheint.

Die Fette.

Wie die Mineralöle, finden auch die tierischen und pflanzlichen Fette in der Gasfabrikation mit Vorteil Verwendung; ja, sie sind lange vor jenen zuerst benutzt worden zur Herstellung von „Fettgas". Während die mineralischen Oele als Zersetzungsprodukte organischer Stoffe aufzufassen sind, welche ihre Entstehung lediglich der Lebensthätigkeit der Tier- und Pflanzenwelt zu verdanken haben — wir erinnern uns, daß sich das Erdöl aus Fischthran gebildet hat — haben wir in den hier zu besprechenden Fetten diese Stoffe selbst in unveränderter Form vor uns, wie sie in der Gegenwart entstehen (rezente Bildung).

Es gibt feste und flüssige Fette; die letzteren nennt man gemeinhin, zum Unterschied von den ersteren, Oele, ohne weitere Rücksichtnahme auf die chemische Natur des betreffenden Fettes.

Ungeachtet der vielen Arten von Fetten, die wir unterscheiden, sowohl der festen wie der flüssigen, der tierischen wie der pflanzlichen, bestehen sie doch alle vorwiegend nur aus immer denselben drei Fettkörpern: Olein, Palmitin und Stearin. Es sind dies die Verbindungen des Glycerins mit Oelsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure. Diese Verbindungen stehen sich chemisch sehr nah; Palmitin und Stearin sind auch äußerlich wenig voneinander unterschieden; beide sind bei gewöhnlicher Temperatur fest. Bei Palmitin liegt der Schmelzpunkt bei 45° C., bei Stearin bei 61° C. Olein dagegen ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig; es erstarrt bei — 5° C. In der Industrie wird diese Verschiedenheit der Schmelzpunkte dazu benutzt, um die öligen Bestandteile von den festen zu scheiden; erstere

dienen namentlich zur Herstellung von Seife; die letzteren werden auf Palmitinsäure und Stearinsäure verarbeitet, welche als Kerzenmaterial vorzüglichere Eigenschaften besitzen, als die entsprechenden Fette. Als Nebenprodukt erhält man aus sämtlichen Fettarten das Glycerin.

Aus obigem wird uns auch klar, warum die verschiedenen Fette so verschiedene Konsistenz aufweisen, die doch nur durch die verschiedene Schmelzbarkeit bedingt wird. Wir können auch umgekehrt ohne weiteres schließen, daß die flüssigen Fette (Oele) in vorwiegender Menge aus Olein bestehen, die festen aus Palmitin und namentlich Stearin. Das letztere ist beispielsweise in größter Menge im Hammeltalg enthalten, aus welchem es zur Herstellung von Kerzenmaterial fabrikationsmäßig gewonnen wird.

Fette Oele. Das Vorkommen der bei gewöhnlichen Temperatur flüssigen fettartigen Körper, der sogenannten fetten Oelen, ist vorwiegend an die Pflanzenwelt geknüpft. Man hat die fetten Oele wohl zu unterscheiden von den gleichfalls in der Pflanze vorkommenden ätherischen Oelen, welche in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften von den ersteren gänzlich verschieden sind. Beide Stoffe erzeugen, auf Papier gebracht, einen Fettfleck; derjenige der ätherischen Oele verschwindet jedoch bald wieder, indem diese, ihres niederen Siedepunktes wegen, rasch verdunsten, während der Fettkörper einen dauernden Fleck erzeugt. — Im tierischen Körper überwiegen in der Regel die festen Fette die flüssigen, so daß das Produkt, je nach dem Verhältnis, einen höheren oder geringeren Grad von Festigkeit besitzt.

Von den einzelnen Teilen der Pflanzen sind es namentlich die Samen und Früchte, welche das Oel in so reichlicher Menge enthalten, daß sich dessen technische Gewinnung lohnt. Die letztere erfolgt meistenteils durch Auspressen der zerkleinerten ölführenden Pflanzenteile mittels Stampfwerken (Oelmühlen) oder hydraulischen Pressen. In selteneren Fällen, nämlich nur da, wo es sich um die Gewinnung teurer, in geringerer Menge vorkommenden Oelsorten handelt, werden dieselben mittels Schwefelkohlenstoffs aus den vorher zerquetschten Samen ausgezogen; durch Destillation wird sodann das Lösungsmittel wieder von dem Oel getrennt.

Von Pflanzenölen, welche zur Gasbereitung vorzugsweise verwendet werden, kommen in Frage: das Baumöl, welches nach dem Auspressen des Speiseöls aus den Oliven gewonnen wird und nur eine geringere Sorte des als Olivenöl bekannten Materials darstellt; das Rüböl, die fetten Oele des Rapses, das Leinöl und endlich das Mohnöl, welches, wie das Olivenöl, neben Speiseöl noch eine geringere Sorte liefert, die als rotes Oel oder Fabriköl bezeichnet wird.

Die fetten Oele sind meist von gelblicher Farbe und besitzen einen je nach der Herkunft verschiedenen Geschmack; sie sind dickflüssig und besitzen ein durchschnittliches spezifisches Gewicht von 0,93. Die spezifischen Gewichte und Erstarrungspunkte einiger der genannten Oele sind bei

	Spezifisches Gewicht	Erstarrungspunkt
Baumöl	0,92	— 2,5° C.
Rüböl	0,90 bis 0,92	7° C.
Leinöl	0,93	— 34° C.
Mohnöl	0,93	— 20° C.

Von den fetten Oelen des Tierreichs besitzen nur die Thrane Bedeutung. Dieselben entstammen ausschließlich den Seebewohnern, so-

wohl Säugetieren wie auch Fischen. In großen Mengen werden namentlich die Fette des Walfisches, Pottfisches, Grindwals, Robbens und Seehundes gewonnen, ferner diejenigen des Härings, Rochens, Haifisches und Thunfisches.

Feste Fette. Wie bei Besprechung der fetten Oele bereits bemerkt wurde, sind die festen Fette im tierischen Organismus in größeren Mengen enthalten, als die Oele. Sie füllen daselbst verschiedenartige Gewebe aus; durch Ausschmelzen aus den letzteren werden sie gewonnen und durch Erhitzen über 100° C. von einem Gehalt an Wasser befreit, welches bei dieser Temperatur unter prasselndem Geräusch aus dem Fette zu entweichen beginnt.

Die Fette der verschiedenen Organe ein und desselben Tierkörpers sind nicht immer derselben Art; sie wechseln vielmehr in ihrer Konsistenz, welche mit der Zusammensetzung in einer bestimmten Beziehung steht, von derjenigen der Butter bis zu derjenigen des Talges. Diese Verschiedenheiten bedingen die hauptsächlichsten Eigenschaften der Butter, des Rückenmark- und Klauenfettes, des Talges, des Schmalzes und des Walrats.

Von dem Pflanzenreich entstammenden festen Fetten sind namhaft zu machen: das Kokosnußöl (Schmelzp. 22° C.) und das Palmkernöl (Schmelzp. 25° C.), beide von butterartiger Konsistenz.

Die elementare Zusammensetzung der natürlich vorkommenden Fette ist nur wenig voneinander verschieden. Schulze und Reinecke geben für tierische Fette die folgenden Zahlen an; es enthalten 100 Teile Fett von

	Hammel	Ochse	Schwein	Hund	Katze	Pferd	Butter
Kohlenstoff	76,6	76,5	76,5	76,6	76,6	77,1	75,6
Wasserstoff	12,0	11,9	11,9	12,0	11,9	11,7	11,9
Sauerstoff	11,4	11,6	11,6	11,4	11,5	11,2	12,5

Die Fette als Vergasungsmaterial. Hinsichtlich der elementaren Zusammensetzung bieten die Fette zur Gasbereitung sehr günstige Bedingungen. Bringt man nach einer, namentlich früher oft befolgten Regel, diejenige Wasserstoffmenge in Abzug, welche mit dem Sauerstoff des Fettes bei der Zersetzung desselben zur Bildung von Wasser beansprucht wird, so bleibt immer noch soviel Wasserstoff disponibel, nämlich etwa 10,5 Prozent, um mit dem gesamten Kohlenstoff zu Kohlenwasserstoffen zusammenzutreten.

Hinsichtlich der Beschaffenheit und Menge des aus Fetten durch trockene Destillation erzielbaren Gases hat schon Taylor, welcher 1815 zuerst Fettgas darstellte, die Beobachtung gemacht, daß die Höhen der Retortentemperaturen in leicht erkennbarer Weise Ausbeute und Leuchtkraft beeinflussen. Auch hier findet sich das ganz allgemein gültige Gesetz, daß bei hohen Temperaturen mehr und spezifisch leichteres Gas erhalten wird, das geringere Leuchtkraft besitzt, wie das bei niedrigeren Temperaturen gewonnene. Man hält im allgemeinen dunkle Rotglut der Retorten als die geeignetste Temperatur für Fettgasbereitung. Es treten hierbei allerdings viele kondensierbaren Dämpfe auf, die sich der weiteren Zersetzung (Vergasung) innerhalb der Retorte entzogen haben; da' sie sich jedoch in der Vorlage verdichten, kann man sie von hier aus unmittelbar wieder in die Retorte zurückleiten, wodurch sie allmählich vergast werden.

Untersuchungen über spezifisches Gewicht und Zusammensetzung bei verschiedenen Temperaturen hergestellter Fettgase sind von Henry veröffentlicht worden, wie folgt:

Material	Retortentemperatur	Spez. Gewicht des Gases	Zusammensetzung des Gases				
			schwere Kohlenwasserstoffe	Sumpfgas	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Stickstoff
Oel	lebhafte Rotglut	0,464	6,0	28,2	14,1	45,1	6,6
Oel	desgl.	0,590	9,0	32,4	14,2	32,4	4,0
Oel	mögl. niedere Temperatur	0,758	22,5	50,3	15,5	7,7	4,0
Thran	dunkle Rotglut	0,906	38,0	46,5	9,5	3,0	3,0

Angaben über Gasausbeute finden sich in der Litteratur nur spärlich. **Knapp** gibt an, daß man aus 100 kg Oel 65 bis 75 cbm Gas erhält.

Seifen. Als einem aus den Fetten hervorgegangenen künstlichen Produkte kommt auch den Seifen als Vergasungsmaterial eine gewisse Bedeutung zu, indem dieselben nämlich da, wo sie als Abfälle in größeren Mengen vorhanden sind, mit Vorteil zur Leuchtgasbereitung verwendet werden können. Diese Gelegenheit bietet sich namentlich in großen Wollwäschereien und Tuchfabriken. In den Waschwassern, welche in den genannten Industrien zur Reinigung der Textilfasern gedient haben, finden sich große Mengen von Seife vor, deren Fettsäure auf sehr einfachem Wege wieder gewonnen werden kann. Es werden zu diesem Zwecke die Abwässer mit Kalkmilch versetzt, wodurch die gelöste Seife in unlösliche Kalkseife übergeführt wird, die sich in Form feiner Flocken ausscheidet, absetzt und so gesammelt werden kann. Der Niederschlag läßt sich durch vorherigen Zusatz sehr geringer Mengen von Eisenvitriol zu dem Abwasser außerordentlich fördern. Diese Gewinnungsweise der Kalkseife aus Abwässern von Fabriken ist ziemlich allgemein verbreitet, sie wird in vielen Fällen zum Gebot, da die verbrauchten Seifenlaugen die Gewässer, in welche sie abgelassen werden, in erheblichem Maße verunreinigen und besonders dadurch lästig werden können, daß sie durch Fäulnis allmählich zersetzt werden.

Die getrocknete Kalkseife — auch Suinter genannt — hat lediglich dem Gehalt an Fettsäure ihre Verwertbarkeit als Vergasungsmaterial zu verdanken; das aus ihr erhaltene Gas steht bezüglich seiner Beschaffenheit dem eigentlichen Fettgas in keiner Weise nach. Man erhält nach Schwamborn aus 100 kg Kalkseife 30,6 cbm Gas von gleicher Lichtstärke, wie derjenigen des eigentlichen Fettgases.

Abweichend von der gewöhnlichen Art der Suintergas-Bereitung hat man auch aus den Seifenwässern der Tuchfabriken durch Zusatz von Mineralsäuren erst die Fettsäuren ausgeschieden und diese nach Art der Fette in Retorten vergast. Es kann nur ein lokaler Vorteil mit diesem Verfahren verbunden sein.

Organische Abfallstoffe.

Der zum Schlusse des vorigen Abschnittes erwähnte Suinter gehört als Material zur Gasbereitung streng genommen schon zu den Abfallprodukten organischer Natur, deren noch einige andere, zu dem gedachten Zwecke geeignete, Verwendung finden können. Indessen lehnt sich dieser Stoff im Hinblick auf seine chemische Beschaffenheit so eng an die Fette an, daß er füglich mit jenen zusammen abgehandelt werden konnte. Auch hat er als Abfallprodukt wohl einzig eine größere und bleibende Bedeutung in der Gasfabrikation erlangt, während andere, im folgenden zu besprechende Stoffe hierzu nur im günstigen Falle örtlicher oder zeitlicher Verhältnisse herangezogen werden konnten, um nach kürzerer oder längerer Dauer wieder von der Bildfläche zu verschwinden.

Die Litteratur der Gastechnik enthält vielfache gelegentliche Angaben über die Verwendung derartiger Abfallprodukte, deren Zahl eine sehr große ist. Es kann uns das nicht mehr Wunder nehmen, nachdem wir gesehen haben, daß jede Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltende Substanz, zu welcher eben alle Stoffe der organischen Welt zählen, auf dem Wege der trockenen Destillation brennbare Gase liefert. Für die Technik kommt es somit im wesentlichen nur noch darauf an, in welchen Mengen und zu welchem Preise organische Stoffe gefunden werden und ob diesen beiden Faktoren gegenüber die Gasausbeute eine befriedigende sei. Die wichtigsten der in Frage zu ziehenden Abfallstoffe sollen im folgenden behandelt werden.

Knochen. Als ein ziemlich geeignetes Material zur Gasbereitung erwiesen sich die Knochen der Wirbeltiere. Ihre Verarbeitung auf Gas ist eine naheliegende, da sie zur Gewinnung von Knochenkohle (Beinschwarz, Spodium; Gemenge von kohlensaurem Kalk, phosphorsauren Kalk und Kohle von sehr poröser Beschaffenheit, und dadurch in hohem Grade flächenanziehend auf Farbstoffe), eines wichtigen und umfangreich betriebenen Industriezweiges, unter Luftabschluß erhitzt werden.

Die lufttrockenen Knochen bestehen aus 30 bis 40 Prozent organischer Substanz (Leim, Fett); der Rest ist anorganischer Natur (Kalksalze der Kohlensäure, namentlich aber der Phosphorsäure). Der Gehalt an Fett allein beträgt etwa 2 Prozent.

Werden die Knochen erhitzt, so beginnen sie bald zu verkohlen; es entweichen dabei Dämpfe von höchst widerwärtigem Geruch, welche sich leicht verdichten lassen und als „Tieröl" weitere Verwendung finden. Gelangen indessen bei der trockenen Destillation höhere Temperaturen zur Anwendung, so werden jene Oele innerhalb der Retorte weiter zersetzt, es bilden sich unmittelbar permanente Gase. Diese Verhältnisse sind somit vollkommen gleichlaufend mit den früher erwähnten, welche bei der trockenen Destillation der Braunkohle, des Torfes oder des Holzes zutreffen.

Unter den flüssigen Produkten der Knochengasbereitung treten, neben geringen Anteilen unvergasten Tieröls, in hervorragender Menge Ammoniakwasser auf.

Die Knochen liefern als Rückstand der Erhitzung in einem wie im anderen Falle Knochenkohle.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß der Fettgehalt der Knochen bei der Leuchtgasbildung einen wesentlichen Anteil nimmt und es daher nicht angezeigt erscheint, das Fett behufs seiner Verwendung zu anderartigen Zwecken erst zu extrahieren.

Fäkalien. Ende der zwanziger Jahre wurden von Reimann, Besitzer einer chemischen Fabrik, Versuche angestellt, zur Gasbereitung Fäkalmassen heranzuziehen. Es soll damit ein Gas von recht befriedigender Beschaffenheit erzielt worden sein; allein die Ausführung des Verfahrens selbst konnte sich im Umfange des kleinen Maßstabes, in welchem dasselbe betrieben wurde, nicht lohnen.

Die Idee wurde jedoch etwa 50 Jahre später von Petri und Sindermann wieder aufgegriffen; sie hofften damit, den in neuerer Zeit gesteigerten hygieinischen Anforderungen entsprechend, eine Umwälzung im Abfuhrwesen der großen Städte herbeizuführen. Die menschlichen Exkremente sollten also — anstatt dieselben den Feldern zur Düngung zuzuführen — nach der Gasfabrik gebracht, eingetrocknet, und als Poudrette in Retorten vergast werden.

Versuche im Großen wurden in der skizzierten Weise in Breslau angestellt. Die Ergebnisse konnten befriedigen, sofern sie sich auf die Beschaffenheit des erzielten Gases bezogen. Man erhielt aus 100 kg Fäkalmasse 10,8 cbm Gas, welches das gewöhnliche Steinkohlengas an Leuchtkraft übertraf. Die Teerausbeute betrug $3^1/_3$ Prozent; außerdem wurden noch $3^1/_2$ Prozent Fett erhalten. Von Bedeutung sind ferner noch größere Mengen Ammoniakwasser, sowie die festen Vergasungsrückstände, welche, dem hohen Aschengehalt der Fäkalien entsprechend, $6^2/_3$ Prozent der angewandten Masse ausmachten. Dieser Rückstand wäre vermöge seines Gehaltes an phosphorsauren Salzen als ein geeigneter Dünger zu gebrauchen. — Sämtliche bei der Vergasung erhaltenen Produkte erwiesen sich als vollkommen frei von Fäkalgeruch.

Wenn der Zweck, welchen Petri und Sindermann im Auge hatten, somit erreicht schien, die geruchlose Aufarbeitung der Fäkalien und nebenbei die Gewinnung von Gas und Dünger, so gab sich doch bald das Verfahren als ein derart unökonomisches zu erkennen, daß von seiner weiteren Ausübung Abstand genommen werden mußte. Die Schwierigkeit erhellt sofort aus der Angabe, daß die in der Breslauer Gasanstalt verarbeitete Poudrette immer noch mit einem Gehalt von 90 Prozent Wasser beladen war. Zur Verdampfung dieser beträchtlichen Wassermenge ist aber nicht nur ein entsprechend großer Kohlenaufwand erforderlich, sondern es werden auch zur Wiederverdichtung des verdampften Wassers (wenn überhaupt die Poudrette unmittelbar in die Retorte eingebracht werden soll) Kondensationsanlagen von ungeheuerlichem Umfange erforderlich werden.

Immerhin besitzen die Breslauer Versuche ein bleibendes Interesse. In neuerer Zeit ist man z. B. in London darauf geführt worden, die in einzelnen großen Anstalten sich ergebenden Fäkalmassen zwecks ihrer Beseitigung zu verbrennen, nachdem sich gezeigt hat, daß die dort seither übliche Art der Abfuhr (Verdünnung mit Wasser und Ableitung in die Themse) bei den wachsenden Mengen der zu beseitigenden Stoffe nicht ohne gesundheitliche Bedenken sei. Unter diesen besonderen Verhältnissen könnte eine künstliche Trocknung der Poudrette und nachherige Vergasung derselben nicht ganz von der Hand zu weisen sein.

Andere Abfallstoffe tierischer Herkunft sind nirgends in so großen Mengen verarbeitet worden, daß sie besondere Bedeutung in der Leuchtgasfabrikation erlangt hätten.

Der Vollständigkeit wegen soll nicht unerwähnt bleiben, daß auf die Verwendung von

Kanalabsätzen im Jahre 1877 von Slater ein Patent genommen worden ist, da sich diese Stoffe reich an organischen Resten erwiesen haben. Weiteres ist indessen darüber bis heute nichts verlautet.

Maikäfer wurden gelegentlich (1874) im Gaswerke Meran mit zur Leuchtgasbereitung verarbeitet, und zwar in einer Menge von 300 kg.

II.

Technischer Teil.



1. Die Fabrikation des Gases.

Im physikalisch-chemischen Teil vorliegenden Werkes wurde bereits in groben Zügen ein Bild entworfen über die Art und Anordnung der zur Steinkohlengas-Fabrikation erforderlichen Einrichtung (S. 61). Das dort geschilderte Apparatensystem, welches auch durch die Abbildung in Fig. 1, Taf. 1, veranschaulicht wird, kann als Typus fast aller Anlagen dienen, mittels welcher durch trockene Destillation aus festen Brennstoffen Gas erzeugt wird.

Im folgenden sollen nun die einzelnen Apparate, welche sich als Glieder zu dem System aneinander reihen, eingehend besprochen werden; und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Konstruktion, wie auch der Funktionen, welche ihnen bei der Gasbereitung zukommen. Die Gruppe der zunächst zu behandelnden Apparate wird demnach sämtliche Einrichtungen umfassen, in welchen das Gas erzeugt, gereinigt und aufbewahrt wird; sie reichen von der Retorte bis zum Gasometer.

Fernerhin sind die Vorrichtungen zu besprechen, durch welche das Gas seinem Bestimmungsorte zugeführt wird, nämlich das Rohrnetz.

Als letzter Abschnitt des technischen Teils sind endlich die Apparate zum Verbrauch des Gases für Zwecke der Beleuchtung rc. zu behandeln.

Die beiden letztgenannten Abteilungen können als für alle Gasarten geltend abgehandelt werden, da diese im allgemeinen nicht bestimmend wirken auf die Anordnungen weder des Rohrnetzes noch der Apparate zum Verbrauch des Gases. Anders verhält es sich bei den Apparaten der ersten Abteilung, die zur Erzeugung und Reinigung des Gases dienen.

Die Verschiedenartigkeit der als Vergasungsmaterialien besprochenen Stoffe, welche auf dem Wege der trockenen Destillation zu Leuchtgas verarbeitet werden sollen, gestattet nicht die Anwendung ein und derselben Vorrichtungen zur Erreichung desselben Zweckes. Vielmehr ist die Konstruktion der Apparate und in zweiter Linie die Betriebsführung jeweils der Natur des in Frage kommenden Vergasungsstoffes anzupassen. Allerdings ist es gestattet, die letzteren in größeren Gruppen zusammenzufassen, sofern sie durch ähnliches Verhalten bei der trockenen Destillation mittels gleichartiger

oder nur wenig in der Konstruktion voneinander abweichenden Apparaten verarbeitet werden können.

Berücksichtigen wir zunächst nach dieser Richtung die festen Brennstoffe, welche zur Vergasung dienen, so kommt unter diesen der Steinkohle, dem wichtigsten derselben, eine Sonderstellung zu, welche schon ihren Ausdruck findet in der großen Verbreitung der Steinkohlen-Gasfabrikation und der hohen technischen Vollendung der hierzu dienenden Apparate.

Diesen schließen sich in konstruktiver Hinsicht als ein zweites Glied die Einrichtungen an zur Bereitung des Gases aus Braunkohlen, Torf und Holz, und zwar können sie gleicherweise zur Herstellung der einen der drei genannten Gasarten oder gleichzeitig eines Gemisches derselben dienen. In dieser Hinsicht bestehen auch Uebergänge in der Fabrikation des Leuchtgases aus Steinkohle einerseits und Braunkohle andererseits; denn wie wir gesehen haben, findet die letztere in der Gastechnik hauptsächlich Verwendung als Aufbesserungsmaterial, indem sie gleichzeitig mit Gaskohle in den für Steinkohlengas üblichen Einrichtungen der trockenen Destillation unterworfen wird.

Eine dritte Art von Apparaten, welche von den beiden ersteren sich wesentlicher unterscheiden, als diese unter sich, dient zur Vergasung der flüssigen oder durch Wärme verflüssigten Brennstoffe: Oel, Fett, Schieferöl, Petroleumrückstände, Braunkohlenteer, Harz.

Man könnte hier eine Unterabteilung treffen für solche Apparate, welche auf eine besondere Weise dem Umstand Rechnung tragen, daß feste Fette, Harze, Pechrückstände u. dergl. verflüssigt werden müssen, bevor sie der Retorte zugeführt werden können. Doch genügen hier häufig schon gewöhnliche für Oelgasbereitung gebaute Apparate, so daß eine weitergehende Unterscheidung der Apparate füglich unterlassen bleiben kann, und es ist an geeigneter Stelle bloß auf die Eigenart der charakteristischen Abweichungen der Apparate aufmerksam zu machen. Dieselben werden unter einem und demselben Kapitel über Oel- und Harzgasfabrikation beschrieben werden.

Endlich ist eine vierte Art der Gaserzeugung in Betracht zu ziehen, von welcher in einem besonderen Abschnitt des physikalisch-chemischen Teils dieses Werkes die Rede gewesen ist, die Bereitung des Wassergases, worunter jede Gasgewinnung zu Heiz- oder Leuchtzwecken zu verstehen ist, welche durch Zersetzung überhitzter Wasserdämpfe durch Kohle nach dem Vorgang der allgemeinen chemischen Formel $C + H_2O = CO + H_2$ erfolgen.

Nach den im obigen Sinne angedeuteten Gesichtspunkte sollen die Gasbereitungsapparate, in entsprechenden Gruppen zusammengefaßt, im folgenden besprochen werden.

A. Steinkohlengas.

Retortenöfen.

Die Retorten, welche für die Steinkohlendestillation im Gebrauche sind, werden heutigentages durchgehends aus feuerfestem Thon (Schamotte) angefertigt. Man gibt ihnen eine cylindrische Gestalt von verschieden geformtem Querschnitt; ihre Länge beträgt beiläufig 2 bis 3 m, ihr Querschnitt 40 bis 60 cm. Soviel sei über die Beschaffenheit der Retorten vorausgeschickt, da sich nach dieser die Konstruktion der Oefen in Bauart und Abmessung zu richten hat; es kommen dabei namentlich noch in Betracht die Anzahl, in welcher die Retorten in den Ofen eingelegt werden, sowie die Art der Verteilung in letzterem.

Die Retorten werden im allgemeinen in wagerechter Lage und gleichlaufend nebeneinander angeordnet in den Ofen eingebaut. Der letztere stellt ein Gewölbe dar, welches beiderseits geschlossen ist, so daß an dem einen Ende nur die Köpfe der Retorten frei gelassen werden, aus welchen die Ladung mit Kohle und der Abzug der Gase zu erfolgen hat. Das ganze Mauerwerk der Ofenanlage ist aus feuerfesten Thonsteinen aufgebaut, aus demselben Material bestehen auch die inneren Teile des Ofens, insbesondere die Arme, welche als Stützen für die Retorten gegeneinander, sowie gegen das Ofengewölbe angebracht sind.

Die Feuerungsanlagen der Retortenöfen haben mit der Zeit große Veränderungen erfahren. Während man ursprünglich nur die Rostfeuerung kannte, ist man mit der Verbesserung der Heizungsanlagen mehr und mehr zur Generator-Gasfeuerung übergegangen, ohne daß aber die erstere heute schon vollkommen verdrängt wäre. Zu den zwei erwähnten Arten von Heizungsanlagen kommt noch als eine dritte die Teerfeuerung, welche speziell in der Gastechnik in Anwendung gekommen ist.

Rostfeuerung. Bei der ältesten Art der Feuerung, der Rostfeuerung, sucht man die Verbrennung des Heizmaterials an Ort und Stelle möglichst vollkommen sich vollziehen zu lassen. Es soll dem Brennstoff gerade soviel Luft zugeführt werden, daß der gesamte Sauerstoffgehalt derselben die Kohle zu Kohlensäure verbrennt. Luftmangel kann unter Umständen bewirken, daß anfangs gebildete Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduziert wird, welches mit den Verbrennungsprodukten entweicht und einen Verlust an Brennstoff zu bedeuten hat, wie in nachfolgender, von Meidinger gegebenen Erklärung der kalorimetrischen Vorgänge bei der Verbrennung über dem Roste gezeigt werden soll.

Kohlenstoff verbindet sich mit Sauerstoff zu Kohlensäure im Verhältnis von 6 zu 16 oder $1 : 2^2/_3$, zu Kohlenoxyd im Verhältnis von $1 : 1^1/_3$.

Bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff zu Kohlensäure werden 8080 Wärmeeinheiten frei, bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd bloß 2450. Das letztere läßt sich allerdings nicht direkt kalorimetrisch bestimmen, da eine Verbrennung zu Kohlenoxyd nie direkt erfolgt, sondern immer nur sekundär. Man weiß aber durch unmittelbaren Versuch, daß bei der Verbrennung von $2^1/_3$ Kohlenoxyd zu $3^2/_3$ Kohlensäure 5630 Wärmeeinheiten entwickelt werden, und durch Abzug dieser Zahl von 8080 findet man rückwärts die Wärme, welche die Verbrennung der Kohle zu Kohlenoxyd liefern muß. Wenn Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduziert wird, so tritt in die Verbindung der ersteren nochmals dieselbe Menge bereits darin enthaltenen Kohlenstoffs ein. $CO_2 + C$ gibt $2CO$ oder $2^2/_3$ Kohlensäure werden $4^2/_3$ Kohlenoxyd. Die Erzeugung dieser Menge Kohlenoxyd kann nur 2×2450 oder 4900 Wärmeeinheiten zur Entwickelung bringen, wenn man sich die Verbindung von Kohle und Sauerstoff zu Kohlenoxyd als direkt möglich denkt. Dieser Betrag ist viel geringer, als die bei der ursprünglichen Verbrennung von 1 Kohlenstoff zu $3^2/_3$ Kohlensäure entwickelte Wärme, und zwar um die Differenz $8080 - 4900 = 3180$ Wärmeeinheiten. Diese Menge Wärme muß behufs Reduktion von Kohlensäure zu Kohlenoxyd aufgewendet, d. h. von außen geliefert werden, um den Vorgang überhaupt zu ermöglichen. Nur stark glühende Kohle vermag soviel Wärme abzugeben, wobei natürlich ihre Temperatur selbst abnimmt. Wird die aufgewendete Wärme nicht nachgeliefert, so verliert die Kohle rasch ihre Fähigkeit, sich mit der Kohlensäure zu verbinden.

Andererseits steht bei der Rostfeuerung zu befürchten, daß ein Uebermaß von Luft für die Verbrennung zugeführt wird. Allerdings wird in diesem Falle theoretisch die beste Verbrennung erzielt, es bildet sich bei der Verbrennung des Kohlenstoffs nur Kohlensäure. Man hat indessen wohl zu unterscheiden zwischen Verbrennungswärme und Temperatur. Die erste ist die denkbar höchste, wenn aus Kohlenstoff ausschließlich Kohlensäure gebildet wird, also auch in unserem Falle, ob nun Luft im Ueberschuß hinzukommt oder nicht. Jedoch wird durch überschüssige Luft die Temperatur erniedrigt, weil sich die ganze, bei der Verbrennung entwickelte Wärme auf eine größere Masse verteilt; mit anderen Worten, die Verbrennungsgase werden durch die überschüssige Luft abgekühlt.

Da es nun von Wichtigkeit ist, bei der trockenen Destillation der Kohlen zwecks der Gasbereitung hohe Temperaturen zu erzeugen, so müssen Rostfeuerungen derart angelegt und geleitet werden, daß die Verbrennung womöglich ohne Mangel und ohne Ueberschuß von Luft erfolgen kann, und es liegt hierin eine Schwierigkeit, welche bei dieser Heizungsweise überhaupt nicht überwunden werden kann. Die Erfahrung zeigt, daß eine vollständige Verbrennung über dem Rost immer einen Luftüberschuß erfordert, den man nahezu oben so groß anzunehmen hat, als die an sich erforderliche Luftmenge. Verminderter Luftüberschuß bewirkt Auftreten von Kohlenoxyd, somit geringere Wärmeentwickelung. Doch kann dabei die Temperatur bis zu einem gewissen Grad steigen, da die Wirkung der verminderten Masse (im Nenner des Temperatur-Quotienten $T = \frac{w}{m}$) größer ist als die Wirkung der verminderten Wärme (im Zähler des Temperatur-Quotienten). Selbstverständlich wird hierbei immer der Gesamteffekt vermindert sein, da ein Teil der Wärme verloren geht.

Die Feuerungsanlage ist in der Richtung der Retorten in den Ofen eingelegt, so daß sie etwa die Zentrale des Gewölbes und damit auch der im Bogen angeordneten Retorten einnimmt. Der Feuerherd ist aus Schamotteklötzen oder -platten gebaut; er stellt im allgemeinen einen Schacht dar, welcher nach dem Innern des Ofens zu die Entfaltung der Flamme gestattet, nach außen jedoch durch eine eiserne Thüre, welche womöglich noch mit Schamotte gefüttert ist, abschließt. Die am vorderen Ende des Ofens, also bei der Feuerthüre liegende Sohle des Herdes wird durch schmiedeeiserne Roststäbe gebildet, auf welchen die Verbrennung des Heizmaterials zu erfolgen hat. Im Aschenbecken befindet sich in der Regel eine Schicht Wasser, welches von den heißen Roststäben, beziehungsweise von dem Feuer durch deren Zwischenraum bestrahlt wird. Dasselbe kann sich nicht über 100° erhitzen, indem es dann verdampft. Die Wasserdämpfe ziehen mit der Speiseluft durch das Feuer; sie werden dabei zersetzt. Der Wasserdampf verbrennt später oberhalb der Brennstoffschicht wieder und bewirkt eine Vergrößerung der Flamme, was im Hinblick auf gleichmäßige Wärmeverteilung nur zweckmäßig ist. Die Wasserschicht wirkt sehr günstig auf Konservierung der Roststäbe, indem sie stärker ausstrahlen und dadurch sich mehr abkühlen können, als wenn ein fester Boden im Aschenraum vorhanden ist, dessen Temperatur auf viele hundert Grad steigen kann.

Es lassen sich hauptsächlich zwei Arten von Anlagen für Rostfeuerung unterscheiden, deren charakteristische Merkmale an Zeichnungen erläutert werden sollen*).

Fig. 2 und 3, Taf. 1, stellt die Ansicht und den Durchschnitt dar eines Heizraumes für Retortenofen mit überwölbter Feuerung nach dem System des englischen Ingenieurs Clegg. Die Feuerung ist über einem gewölbartigen Raume gebaut gedacht, welch letzterer zur Aufnahme des Heizmaterials, gewöhnlich Koks, dient. Das Gewölbe des Feuerraumes, die senkrechten Wände c mit der Ueberwölbung b, schließt das auf dem Rost d entwickelte Feuer im allgemeinen nach dem über h und k liegenden Retortenraume ab; dieses findet indessen seinen Durchgang durch die Feuerzüge f, aus welchen es in den Ofen hineinschlägt, um die Retorten zu umspülen. Hinter dem eigentlichen Feuerraum, dem Rost d, hebt sich die Sohle des Herdes über die Höhe der Roststäbe, um allmählich nach dem hinteren Ende des Schachtes zu mit geringer Neigung abzufallen.

Wesentlich nicht sehr verschieden von der beschriebenen Konstruktion ist die offene Feuerung, welcher man immer mehr den Vorzug gegeben hat, nachdem man den Wert der freien Enthaltung des Feuers im Retortenraum hat schätzen lernen. Fig. 4 bis 6, Taf. 1, zeigen auch diese Bauart in verschiedener Ansicht, Fig. 4 insbesondere noch die Bauart des Feuerraumes. Das Feuer findet hier, auf dem Roste f zur Entwickelung gebracht, seinen freien Weg nach oben in den Ofen, wozu die Wände des Feuerraumes e seitlich auseinanderlaufen, um Platz zu bieten. Die Feuergase umspülen nun die Retorten R, indem sie die durch Pfeile angedeutete Richtung einschlagen und gelangen schließlich durch die Rauchkanäle i nach dem Schornstein. h ist der Aschenfall, die senkrechten Pfeiler g dienen als Unterstützungen der Retorten.

*) Bolley, Beleuchtungswesen.

Fig. 1, Taf. 2, zeigt die äußere Ansicht dieser zu einer Batterie vereinigten Retortenöfen mit Rostfeuerung für 1, 2 und 3 Retorten, deren Anordnung über dem Feuer aus der Zeichnung ohne weiteres hervorgeht.

Dem Bau des Feuerherdes ist große Aufmerksamkeit zuzuwenden, an Bauart sowie an Material werden hohe Anforderungen gestellt. Die intensive Hitze, welche auf dem Feuerherde entwickelt wird, erfordert, daß wenigstens die Wangen desselben aus feuerfestem Material hergestellt werden. Dieser Teil des Ofens ist aber auch noch mechanischen Angriffen ausgesetzt, welche durch die Entfernung der geschmolzenen Schlacke bedingt werden. Namentlich sind möglichst wenig Fugen anzubringen, da dieselben ein Festsetzen der Schlacke begünstigen; aus demselben Grunde ist den Wangen eine glatte Oberfläche zu geben. Man bringt daher auch für den Bau des Feuerherdes große Klötze aus feuerfestem Thon zur Anwendung, die zu je zwei Stück aufeinander gelegt werden, so daß also in jeder Wange der Längsrichtung nach nur eine einzige Fuge gebildet wird. Aehnliche Anforderungen in Bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen die entwickelte Ofenhitze werden an den Rost gestellt. Er kann aus Schmiedeeisen gefertigt oder gegossen sein; eine der verbreitesten Formen ist die in Fig. 7 und 8, Taf. 1, dargestellte.

Generatorfeuerung. Die Erhitzung der Retorten geschieht immer mehr vermittelst aus Koks hergestellten Generatorgasen, deren Wesen S. 35 u. f. f. eingehend erörtert worden ist. An betreffender Stelle wurde gezeigt, daß ein einfacher Schacht mit Rost zur Herstellung des Generatorgases genügt. Für die Praxis hat es sich — aus später noch zu erklärenden Gründen — als vorteilhaft erwiesen, nicht reines Generatorgas, sondern eine Art Mischgas, bestehend aus letzterem plus Wassergas, zu verwenden. Seine Erzeugung erfolgt in der Weise, daß man gleichzeitig mit der Luft Wasserdampf von unten durch den Rost des Generators in den glühenden Brennstoff einbläst; oder auch einfach dadurch, daß man unter dem Rost eine Wasserpfanne aufstellt; in letzterem Falle kann allerdings nicht soviel Dampf, wie bei besonderer Dampfzuführung, in die Kohlen gelangen.

Man erhält demnach bei dieser Art der Generatorheizung ein Gasgemisch, bestehend im wesentlichen aus Kohlenoxyd, Wasserstoff nebst Stickstoff und Kohlensäure. Die einzelnen Mengen der genannten Bestandteile weichen voneinander ab je nach der Konstruktion des Ofens, dem angewandten Heizmaterial und der Betriebsleitung. Beispielsweise setzten sich die Generatorgase der Ofensysteme von Hasse und Didier (a und b), sowie des sogenannten Münchener Generatorofens (c) folgendermaßen zusammen (auf 100 Raumteile berechnet):

	a	b	c
Kohlenoxyd . . .	25,82	27,54	22,40
Wasserstoff . . .	9,42	11,04	14,22
Methan . . .	0,65	0,50	0,90
Kohlensäure . .	6,05	6,30	8,61
Stickstoff . . .	58,06	54,62	53,87
	100,—	100,—	100,—

Das bezeichnete Gasgemisch ist mit derjenigen Menge Luft vermengt zur Verbrennung zu bringen, welche gerade hinreicht, um das Kohlenoxyd

zu Kohlensäure, den Wasserstoff zu Wasser zu verbrennen; eine weitere untergeordnete Menge ist noch für die Verbrennung des Kohlenwasserstoffs erforderlich. Die Zufuhr der Luft läßt sich leicht derart regulieren, daß die angedeuteten Bedingungen zu erfüllen sind; das Ergebnis der Verbrennung im günstigen oder ungünstigen Sinne gibt sich aus der Analyse der Rauchgase bestimmt zu erkennen. Ein Ueberschuß von Luft gibt sich durch seinen Sauerstoff in den Verbrennungsgasen zu erkennen, während ein Luftmangel durch die Gegenwart von Resten der brennbaren Gase (Kohlenoxyd). Wie vollkommen die Verbrennung mittels Generatorfeuerung geleitet werden kann, zeigt die Zusammensetzung der Rauchgase aus den oben genannten drei Oefen.

	a	b	c
Kohlensäure	17,5	17,9	18,0
Stickstoff	80,0	79,7	80,1
Sauerstoff	2,5	2,4	1,9
Kohlenoxyd	Spur	0,0	Spur

Die Rauchgase enthalten demnach im wesentlichen 18 Raumteile Kohlensäure und 80 Teile Stickstoff nebst 2 Prozent Sauerstoff; letzterer entspricht einem geringen Ueberschuß von Luft, welcher zur Erreichung einer auf alle Fälle vollkommenen Verbrennung gerne zur Anwendung gebracht wird. In den Verbrennungsgasen bei Rostfeuerung werden immer größere Mengen von Sauerstoff gefunden, 10 Prozent und mehr; diesem entspricht etwa ein doppelter Luftüberschuß. Die Vorteile der Generatorgasheizung lassen sich hieraus leicht ableiten. Es ist ersichtlich, daß die Verbrennungsgase, durch überschüssige Luft auf das Doppelte vermehrt, eine nur halb so hohe Temperatur besitzen können. Die Erhitzung der Retorten wird daher im Falle der Rostheizung nicht in demselben Grade erreicht werden, wie bei Generatorgasheizung oder, um dieselbe zu erzielen, nur mit einem größeren Brennstoff-Aufwand.

Eine sehr wichtige Vervollkommnung, die wohl immer in Anwendung gebracht wird, hat die Generatorgasheizung erfahren durch die Vorwärmung der Verbrennungsluft mittels derjenigen Wärme, welche die aus dem Ofen sonst nutzlos abziehenden Rauchgase in sich enthalten; mitunter wird durch dieselben auch die in den Generator einziehende, die Vergasung bewirkende Luft vorgewärmt. Eine derartige Verwertung der Wärme der Rauchgase nennt man Regeneration; und der Apparat, in dem solches erfolgt, wird als „Regenerator" bezeichnet. (Das Nähere hierüber folgt in einem Abschnitt über den „Regenerator".) Hierdurch wird erreicht, daß die bei der Verbrennung frei werdende Wärme noch eine Zunahme erfährt um den Betrag der der Luft zuvor zugeführten Wärme; es ist dadurch möglich geworden, die durch Verbrennung erreichbaren höchsten Hitzegrade zu erzielen.

Den theoretischen Erwägungen über die Vorzüge der Generatorgasheizung entsprechen auch die praktischen Erfolge. Es hat sich gezeigt, daß, während zur Vergasung von 100 kg Gaskohlen bei Rostfeuerung 20 bis 30 kg Koks zu verbrennen sind, bei Generatorfeuerung zur Erreichung desselben Zweckes etwas über 11 kg ausreichen. Andere Vorteile, welche sich auf zweckmäßigere Ausnützbarkeit des Ofenraumes beziehen, werden noch berührt werden.

Die erste Anwendung des Gases in der Leuchtgastechnik zur Heizung der Retorten geschah auf dem königl. württembergischen Hüttenwerke zu Wasseralfingen, Mitte der dreißiger Jahre. Dort machte man die aus der Hochofengicht entweichenden Gase, welche vollkommen den Generatorgasen entsprechen, in der Weise nutzbar, daß man sie mittels eiserner Röhren nach den Retortenöfen führte, wo sie in einem besonderen Feuerraume mit Luft zusammengebracht und verbrannt wurden. Da diese Heizung indessen unter dem Einfluß der schwankenden Entwickelung der Hochofengase stand, so durfte man sich auf die letzteren allein nicht verlassen. Der Feuerherd des Retortenofens wurde daher mit einem Roste ausgestattet, um nach Bedarf die Gasheizung durch ein Koksfeuer unterstützen zu können, oder auch um ausschließlich mit festem Brennmaterial zu heizen. Auf diese ersten Versuche in Wasseralfingen stützt sich die Einführung der Gasheizung bei Retortenöfen.

Bischof baute schon im Jahre 1839 einen besonderen Ofen für Gasfeuerung, der, wie auch die zunächst folgenden anderen Formen, in seiner Konstruktion sich dem Hochofen anlehnte, welcher ja als Vorbild gedient hatte. Einzelnen Formen fehlte selbst nicht die Gebläseeinrichtung, mittels welcher man die zur Verbrennung dienende Luft mit großer Kraft einführen zu müssen glaubte. — Bald jedoch machte man sich frei von diesen alten Formen; man gab den runden Querschnitt, welcher dem Hochofen entstammte, auf; auch von der Einrichtung eines Gebläses für Zuführung der Unterluft wurde später Abstand genommen, namentlich aber machte sich eine Herausbildung verschiedener Generatorsysteme geltend, die sich den einzelnen örtlichen Bedürfnissen und besonderen Zwecken genauer anpaßten.

Der Generator. Fig. 2 und 3, Taf. 2, zeigt die einfache Form eines Generators im Querschnitt*). Der eigentliche Schacht, welcher sich in der Mitte bauchartig erweitert, wird nach oben durch die Teile des Deckels a, c und d abgeschlossen. Der Deckel selbst ist durch Fig. 2 noch näher gekennzeichnet; die Dichtung wird hier durch Sand bewirkt, der sich in Rinnen befindet, in welche die umgebogenen Ränder der Verschlußstücke d und c eingreifen. Der Trichter b dient zum Einbringen des Brennstoffs in den Generator. Nach unten ist der Generator geöffnet; das Heizungsmaterial findet jedoch eine Stütze durch den Rost f, welcher von der Seite (h) von Schlacke gereinigt werden kann; das hierzu dienende Werkzeug kann außer Gebrauch auf der Querstange i aufgelegt werden. Das entwickelnde Gasgemisch findet durch den Kanal g seinen Ausgang; die Kohle darf daher niemals so hoch in den Schacht eingefüllt werden, daß sie dem freien Austritt des Gases in diesen Kanal hinderlich wären; der letztere kann durch die gegenüberliegende Oeffnung des Schachtes, welche für gewöhnlich durch Pfropf e geschlossen ist, gereinigt werden.

Andere Konstruktionen, welche sich indessen im Prinzip von der beschriebenen nicht unterscheiden, zeigen meist eine veränderte Lage der Einfüllöffnung, sowie eine andere Anordnung des Rostes.

Eine derartige Anlage mit ihren Einzelheiten zeigt Fig. 4 bis 7, Taf. 2 (Journal für Gasbeleuchtung 1878), es ist dies der Generator von Haupt, dessen Retortenofen noch zur Besprechung kommen wird. Der Rost wird hier dargestellt durch die Kombination eines Planrostes mit einem

---

*) Stegmann, Gasfeuerung.

Treppenrost; es soll hierdurch erreicht werden, der hinzutretenden Verbrennungsluft eine möglichst große Angriffsfläche auf die Brennstofffüllung des Generators zu gewähren. Das hintere Ende des Planrostes ist durch eine schrägliegende gußeiserne Schutzplatte mit der Innenwand des Generators verbunden, um dem an dieser Stelle besonders schwierig zu entfernenden Schlackenansatz vorzubeugen.

Gebläse. Unter besonderen Umständen kann eine künstliche, nicht durch den Schornstein bedingte Zugführung von Verbrennungsluft nach dem Generator von Vorteil sein; sie wird zur Bedingung, wo der natürliche Zug nicht ausreicht, um eine lebhafte Verbrennung im Generator zu unterhalten, insbesondere daher, wenn der letztere nicht in den Boden eingebaut ist, sondern, wenigstens teilweise, auf gleicher Höhe mit dem Retortenofen steht. Zu dem gedachten Zwecke empfiehlt sich das Körtingsche Dampfstrahl-Gebläse in ausgezeichneter Weise. Der Apparat, welcher in Fig. 8, Taf. 2, im Durchschnitt gezeichnet ist*), stellt äußerlich den nach oben offenen Mantel m dar, an welchen sich unten das Rohr g anschließt. Das Rohr d führt den Dampf aus dem Kessel, in welchem derselbe erzeugt wurde, zunächst durch die Wand des Gehäuses hindurch nach der Düse e, deren Ausmündung mittels des Stiftes c von der Welle b und dem Rädchen a aus beliebig verengert werden kann, wodurch die Dampfausströmung reguliert wird. Der Dampfstrom durcheilt nach seinem Austritt rasch die folgenden Düsenstücke f I bis IV, und, indem er sich dabei immer mehr ausbreitet in Gestalt eines Kometschweifes, reißt er mit großer Gewalt durch die zwischen den Düsen liegenden Oeffnungen hindurch Luft mit, die er in der nun folgenden sich in der Mitte verengenden Röhre g vor sich hertreibt. Das auf solche Weise erhaltene Gemisch von Luft und Dampf wird nach dem Generator geleitet.

Der Regenerator. Eine wesentliche Steigerung des Nutzeffektes an Generatorgasöfen kann erzielt werden, wenn die zu dem Ofen geführte Verbrennungsluft vorgewärmt wird: entweder die den Heizgasen beizumischende Luft (sekundäre Verbrennungsluft) allein, oder außerdem noch die unter den Generator geleitete (primäre). Das Prinzip der Wiedergewinnung der Wärme aus den Verbrennungsgasen, die Regeneration, ist erstmals von Fr. und Ch. W. Siemens praktisch zur Anwendung gebracht worden. Ihr Ofensystem ist dadurch charakterisiert, daß die aus dem Ofen abziehenden heißen Verbrennungsprodukte, bevor sie in den Schornstein gelangen, erst eine mit durchlöcherten Ziegelsteinen ausgefütterte Kammer, den Regenerator, hindurchtreten müssen. Hier geben sie den größten Teil ihrer Wärme an die Steine ab, welche eine große Abkühlungsfläche darbieten. Wie man beispielsweise an solchen Anlagen gefunden hat, vermögen sich die Rauchgase im Regenerator von etwa 1100 bis 1400° C. auf 300 bis 400° C. abzukühlen. Die in den Rauchgasen übrigbleibende Wärme, welche durch den Schornstein abzieht, ist erforderlich, um den nötigen Zug zu unterhalten. Man verlegt auch bei solchen Anlagen den Generator gerne möglichst tief, meist unterhalb das Niveau der Ofensohle, um — neben anderen Vorteilen solcher Bauart — eine höhere heiße Luftsäule bis zur Schornsteinmündung und damit besseren Zug zu haben.

Zu der Siemenschen Ofenanlage gehören nun mindestens zwei der beschriebenen Regeneratorkammern, die abwechselnd zur Aufnahme von Wärme

*) Stegmann, Gasfeuerung.

aus den Rauchgasen und nachfolgende Abgabe der aufgespeicherten Wärme an die Verbrennungsluft bestimmt sind. Während nämlich die Verbrennungsprodukte durch den einen Regenerator hindurchgeleitet werden, nimmt die Speiseluft ihren Weg durch die zweite Kammer. Nach Zwischenräumen von ungefähr einer halben Stunde wird die Richtung des Gasstromes mittels Ventils oder Drosselklappe umgekehrt. Jetzt tritt die Luft zwischen den Steinen des soeben auf hohe Temperatur erhitzten Regenerators hindurch; sie nimmt die hier aufgespeicherte Wärme auf und gelangt nun, hoch erhitzt, in den Verbrennungsraum. Zur selben Zeit nimmt der andere Regenerator wieder die Wärme der Verbrennungsprodukte auf. Das Spiel wiederholt sich, nach Umsteuerung des Gasstromes, fortwährend aufs neue.

Die Brüder Siemens haben anfänglich bei ihren Anlagen nicht allein die kalte Speiseluft vorgewärmt, sondern auch die heißen Generatorgase weiter erhitzt, wodurch die Wirkung, gegenüber der Vorwärmung der Luft, allerdings nur in geringem Grade gesteigert werden konnte. Es war zu dem Behufe nötig, die Zahl der Regeneratoren zu verdoppeln; die Verbrennungsprodukte verteilen sich jedesmal gleichzeitig in zwei Kammern, die später bei der Umsteuerung von der Luft und den brennbaren Gasen durchströmt wurden.

Durch das hier geschilderte System der doppelten Paare von Generatoren wird die Erzielung der höchsten Hitzegrade ermöglicht, welche wir in der Feuerungstechnik kennen: in der Glas- und Thonwarenindustrie, wo solche Temperaturen erforderlich sind, wird daher die Siemensche Ofenanlage vornehmlich zur Anwendung gebracht.

Verfolgt man den Vorgang der Wärmeregeneration genauer, so könnte man zu der Anschauung gelangen, als müßten sich vermittelst derselben die Temperaturen bis zu unbegrenzter Höhe steigern lassen. Denn wenn man erwägt, daß durch die Verbrennung schon hoch erhitzter Luft und der Heizgase die Verbrennungsprodukte eine entsprechend höhere Temperatur erhalten müssen, so muß eine Temperatursteigerung auch im Regenerator hiervon die Folge sein. Jetzt werden aber auch Heizgas und Verbrennungsluft wieder höher vorgewärmt werden können u. s. f. Dem wird nun aber eine Grenze gesetzt durch die als „Dissociation“ bezeichnete Erscheinung, deren Wesen zum Verständnis des Vorganges hier kurz erläutert werden muß.

Die Vereinigung einfacherer gasförmiger Körper zu zusammengesetzteren, insbesondere in unserem Falle die Verbrennung von Kohlenoxydgas mit Sauerstoff zu Kohlensäure, vollzieht sich nicht nach Ueberschreitung einer bestimmten hohen Temperatur; die komplizierteren Gase zerfallen oberhalb dieser Grenze wieder in ihre einfacheren Komponenten, sie dissocieren. Für Kohlenoxyd und Sauerstoff liegt die Dissociationstemperatur bei 2000° C., oberhalb dieser Temperatur verbrennt daher Kohlenoxydgas nicht mehr, es wird also keine weitere Wärme entbunden, um die Temperatur noch höher zu steigern. Hieraus ergibt sich ein Gleichgewichtszustand für eine bestimmte höchste Temperatur.

Retortenöfen mit Generatorgasheizung. In der Leuchtgasindustrie vermochte sich die Generatorgasheizung mit Wärmeregeneration in der von Siemens angegebenen Gestalt nicht einzuführen. Lange Zeit hindurch fortgesetzte Versuche in Westminster und Paris, um welche sich die Erfinder

persönlich bemüht haben, führten zu dem negativen Ergebnis, daß ein Vorteil mittels der neuen Feuerungsanlage gegenüber der alten Rostfeuerung zur Erhitzung der Retorten nicht zu erreichen sei. Namentlich mußte die zuviel Raum beanspruchende Anlage der Regeneratoren, sowie der kostspielige Bau derselben als ein Nachteil des Systems bezeichnet werden. Diese ersten Versuche haben demnach für die Gastechnik ein nur mehr historisches Interesse; ein gewisser Wert ist denselben indessen in sofern geblieben, als seit der von Siemens gegebenen Anregung das Prinzip der Wärmeregeneration bei den Retortenfeuerungen nicht mehr verlassen worden ist, und dasselbe nur in anderen Gestalten zur Anwendung gelangte. Bei allen weiteren Vervollkommnungen in ihren Ofensystemen hat der Gasindustrie die Vereinfachung der Feuerungsanlage zur Richtschnur gedient. Die Aufgabe ist in sehr verschiedener Weise gelöst worden durch eine Anzahl von Ofensystemen, deren wichtigste in den folgenden Abschnitten einzeln beschrieben werden. Gemeinsam ist denselben — gegenüber der Siemensschen Feuerungsanlage — das Fehlen der Vorwärmung der Heizgase. Man hat von derselben Abstand genommen, weil die Anlage im Verhältnis zu dem geringen Wärmegewinn zu kompliziert wird. Vorgewärmt wird somit nur die Verbrennungsluft, die sich im Retortenraum mit den Heizgasen vereinigt (sekundäre, Oberluft); in manchen Fällen auch die in den Generator einströmende (primäre, Unterluft).

Charakteristisch für diese neuen Feuerungsanlagen der Retortenöfen ist ferner der gedrängte Bau derselben: Generator, Regenerator und eigentlicher Feuerherd, der Retortenraum, liegen dicht nahe, beziehungsweise untereinander; sie bilden zusammen den Retortenofen. Wichtig für dieselben ist die gegen das Siemenssche Prinzip veränderte Art der Wärmeregeneration. Sie wird innerhalb des Ofens nunmehr einfach dadurch bewirkt, daß die heißen Verbrennungsprodukte, nachdem sie die Retorten umspült haben, auf ihrem Weg zum Schornstein in mehr oder weniger langen Kanälen hin und hergeführt werden; während durch neben den letzteren laufende Kanäle die Verbrennungsluft in entgegengesetzter Zugrichtung dem Ofen zugeführt wird. Der Wärmeaustausch findet so lediglich durch die Scheidewände der Kanäle hindurch statt; indem die Rauchgase auf ihrem Wege durch den einen Kanal einen großen Teil ihrer Wärme abgeben, wird die im zweiten Kanal zum Ofen strömende Verbrennungsluft immer mehr erhitzt.

Retortenofen von Müller und Eichelbrenner. Ein erster derartiger Retortenofen wurde von Müller und Eichelbrenner (Paris) konstruiert und fand derselbe nach dem ersten glücklichen Versuche anfangs der siebziger Jahre sofort weitere Verbreitung, zunächst in Frankreich, dann in Belgien. Der in seiner Form sehr einfache Ofen ist Fig. 1 bis 4, Taf. 3, abgebildet*). Die Kanäle des Regenerators sind nur einigemale zu beiden Seiten des Feuerherdes hin und hergezogen; die Vorwärmung der Luft geschieht also auf die oben angegebene Weise.

Die Heizgase werden in einem Generator bekannter Konstruktion, welcher auf der einen Seite des Ofens Aufstellung findet, erzeugt. Im weiteren Verfolg der Einrichtung des Ofens ergibt sich, daß die Generatorgase auf dem kurzen Wege durch Kanal B, und von hier aus durch die einzelnen Schlitze E hindurch nach dem Verbrennungsraume H, bezw. zu den Retorten

*) Journ. f. Gasb. 1874.

gelangen. Ihr Zutritt zu diesem Kanal kann vermittelst des von der Außenseite des Ofens zu bedienenden Schiebers G geregelt werden.

Unmittelbar nach ihrem Austritt aus den Schlitzen E treffen die Heizgase auf die aus danebenliegenden Schlitzen F austretende erhitzte Verbrennungsluft. Die brennenden Gase umspülen die Retorten K; sie gelangen, wenn sie die beiden Flügelretorten erreicht haben, bei deren hinterem Ende in die Rauchkanäle D und schließlich in den Fuchs J.

Die zur Führung der Luft dienenden Kanäle C verlaufen zunächst auf der Sohle des Ofens von vorn nach hinten, steigen dort in die Höhe, um sich wieder nach vorn zu wenden. Zwischen diesen in hin und hergehender Richtung verlaufenden Luftkanälen liegen die Rauchkanäle D, an erstere die Wärme der durch sie hindurch geleiteten Verbrennungsprodukte abgebend. Nach einer letztmaligen Wendung laufen die Luftkanäle parallel zu beiden Seiten des die Generatorgase führenden Kanals B, um jetzt die erhitzte Verbrennungsluft durch die Schlitze austreten zu lassen, wie bereits erwähnt.

Um eine möglichst innige Vermischung des Heizgases mit der Verbrennungsluft zu erzielen, sind die Luftschlitze F von beiden Seiten her schräg gegen die in der Mitte liegenden Heizgasschlitze E gerichtet, so daß sich die austretenden Gasarten gegenseitig durchdringen müssen; die Mischung wird noch dadurch vervollständigt, daß man die Gase nach ihrem Austritt an die Schlitze überdachende Schamotteplatten aufschlagen läßt, an welchen sich der Gasstrom bricht und gleichzeitig nach beiden Seiten abgelenkt wird, um sich erst jetzt im Retortenraume zu verbreiten. —

Der beschriebene Retortenofen hat sich namentlich für kleinere Gasanstalten bewährt; bestehende Anlagen mit Rostfeuerung konnten ohne erhebliche Kosten nach Art des neuen Systems umgebaut werden. Die Vorzüge desselben waren beim praktischen Betrieb in die Augen springend, bereits die ersten Berichte darüber geben eine Brennmaterial-Ersparnis von etwa $^1/_3$ an gegenüber der alten Rostfeuerung.

Retortenofen von Oechelhäuser. Einen in der Konstruktion der zuvor beschriebenen Anlage eng anschließenden Retortenofen hat Oechelhäuser gebaut, und ist dieser noch besonders zu erwähnen, weil er in Deutschland (seit 1875) große Verbreitung gefunden hat.

Die Ansicht der Konstruktion mit Lage der Regenerationskanäle wird durch Fig. 5 und 6, Taf. 3, veranschaulicht; erstere gibt den senkrechten Querschnitt des Ofens, letztere einen Horizontalschnitt durch die Feuerzüge für eine Hälfte desselben (in größerem Maßstab). Weiterer Erklärung zum Verständnis der Zeichnungen wird es nicht bedürfen nach dem über den Gasofen von Müller und Eichelbrenner Gesagten. Der Generator ist auch hier, wie bei letzterwähntem System, an die eine Seite des Retortenofens angebaut, er besitzt mit diesem die nämliche Höhe. Bemerkenswert für den Generator ist das Fehlen eines Rostes. Die Brennstofffüllung ruht unmittelbar auf dem Boden des Schachtes; durch an letzterem angebrachte seitliche Schlitze von 20 cm Höhe tritt die Luft ein und kann auch hier die Schlacke abgezogen werden.

Retortenofen von Haupt. Auch der von Haupt gebaute Retortenofen lehnt sich in der Konstruktion an den Müller-Eichelbrennerschen Ofen an. Hier, wie dort, ist der Generator neben dem Ofen aufgestellt; er ist jedoch etwa bis zur Hälfte seiner Höhe in den Boden eingebaut.

Seine innere Einrichtung haben wir bereits auf S. 126 und den zugehörigen Abbildungen auf Fig. 4 bis 7, Taf. 2, kennen gelernt.

Bei der Konstruktion des Ofens selbst hat Haupt besonderen Nachdruck darauf gelegt, die Gaskanäle in einer Weise und aus einem Material auszuführen, welche geeignet sind, den bedeutend wechselnden Temperaturen derart zu widerstehen, daß eine Rißbildung der Kanalwände und dadurch eine Kommunikation der Gaskanäle vermieden werde.

Die Einrichtung des Ofens ist auf Fig. 1 und 2, Taf. 4, veranschaulicht. Die beiden Regeneratoren liegen unter je einer der Flügelretorten. Sie werden gebildet durch eigenartig geformte Steine aus feuerfestem Thon, deren je fünf zu einem Regenerator nebeneinander angeordnet sind. Die Formsteine sind nämlich in zwei senkrecht aufeinander stehenden Richtungen durchbohrt, so zwar, daß die einzelnen Kanäle sich kreuzen, nicht aber treffen. Die senkrechten Bohrungen, deren es im ganzen 30 für einen Regenerator sind, besitzen 8 cm Weite und 82,5 cm Länge; diese dienen den Rauchgasen zum Abzug auf ihrem Wege von den Flügelretorten nach den Rauchkanälen. Die wagerechten Kanäle, 60 an der Zahl, sind 6 cm weit und 48 cm lang, sie dienen zur Führung der Verbrennungsluft. Aus dieser Anordnung geht die Wirkung des Regenerators schon zur Genüge hervor. Die Verbrennungsluft, welche durch das Rohrstück r in den Regenerator eintritt und hier zunächst den Kanal c erreicht, wird genötigt, ihren Weg durch die wagerechten Löcher der Formsteine einzuschlagen, bis sie endlich nach dem Kanal L gelangt, um von hier aus, durch die seitlichen Schlitze austretend, mit den Heizgasen sich zu vereinigen, welche aus dem in der Mitte des Ofens liegenden Kanal ausströmen.

Der Münchner Retortenofen. N. H. Schilling, Direktor der Gaswerke in München, hat eine Feuerungsanlage gebaut, die als Münchner Generatorofen bekannt geworden ist und große Verbreitung gefunden hat (Journ. f. Gasb. 1882).

Bemerkenswert bei demselben ist zunächst die Lage des Generators; faßt man die senkrechte Projektion der ganzen Anlage ins Auge, so liegt er vor dem Retortenofen. Er ist jedoch unterhalb der Sohle des letzteren errichtet, wodurch — neben günstigerer Zugwirkung — der Vorteil erreicht wird, daß im eigentlichen Retortenhause Platz gewonnen ist für die hier vorzunehmenden Arbeiten. Mit dem Retortenofen ist der Generator durch einen kurzen Gaskanal verbunden; in entgegengesetzter Richtung verlaufen Kanäle zur Vorwärmung der Verbrennungsluft (Unterluft) nach dem Generator. Die Regenerations-Einrichtung ist in dem unteren Teil des Ofens selbst eingebaut; sie dient zur Erwärmung der oberen und der unteren Verbrennungsluft. — Die Gasbildung im Generator des Münchner Ofens wird unterstützt durch Zufuhr von Wasserdampf, den man erst mittels einer Rohrleitung unter dem Rost in den Verbrennungsraum des Koks einblies; später entwickelte man denselben aus einem Wasserbecken, welches unmittelbar unter dem Roste aufgestellt ist und von seiner Unterseite durch die Wärme des tieferliegenden Rauchkanals erhitzt wird. Man erhält auf diese Weise den Wasserdampf kostenlos.

Die Einzelheiten der Konstruktion des Münchner Generatorofens sind aus den Zeichnungen der Fig. 1 bis 4, Taf. 5, zu ersehen.

Der Generator besitzt die Abmessungen für die Heizung eines Ofens mit 8 Retorten; die Höhe des Füllraums für Koks vom Rost bis zum Ab-

zugskanal der Gase beträgt 1,20 m, der Querschnitt 1 qm. Die Form des Generators ist im wesentlichen dieselbe, welche wir auf S. 126 an der Hand einer Zeichnung kennen gelernt haben.

Das in den Generator eingefüllte Brennmaterial ruht auf dem Roste D. Die hinterbliebene Asche, welche sich in dem Verbrennungsraume E des Generators anhäuft, kann ohne Unterbrechung des Betriebs zeitweise abgezogen werden; man bewerkstelligt dies, indem man durch die seitlichen in der Regel verschlossenen Oeffnungen Q des Generators die über jener Zone liegende Koksfüllung mittels eingesteckter Eisenstäbe unterfängt und nun die Asche durch die gleichfalls in der Regel geschlossenen Thüren R und S entfernt. Nach unten ist der Generatorschacht mit einer Platte abgeschlossen; unter dieser befindet sich der Wasserkasten B mit dem nach außen führenden Zuflußrohre T. Der Kasten wird, wie auch später gezeigt werden soll, an seiner Unterseite von den Rauchgasen geheizt, welche das Wasser zum Verdampfen bringen. Die Luft, welche dem Generator zugeführt werden soll, wird, durch die Oeffnung A eintretend, über das verdampfende Wasser eingeleitet; mit Wasserdampf beladen gelangt sie, indem sie den gewundenen Kanal C, C_1, C_2, C_3 durchstreicht, über der erwähnten Platte durch den Rost hindurch in den Generator. Auf diesem Wege wird nun das zur Verbrennung dienende Luft-Dampfgemenge (Unterluft) vorgewärmt; es empfängt seine Wärme durch die benachbarten Abzugskanäle M_4 der Rauchgase. Die Heizgase ziehen von dem Generator aus durch den Kanal F, F_1 und gelangen von diesem durch egale Schlitze hindurch in den Verbrennungsraum G unter den Retorten. Bei seinem Austritt aus G trifft das Gas sofort mit der vorgewärmten Verbrennungsluft (Oberluft) zusammen. Diese wird nämlich auf dem letzten Stücke ihres Weges in dem Kanal N_4 neben dem Gaskanal F hergeleitet und tritt gleichfalls durch Schlitze in den Verbrennungsraum G ein. Je zwei Schlitze für Luft und Gas sind so gegeneinander geneigt, daß die ausströmenden Gasarten sich innig mengen müssen. Die Feuergase umspülen nun die Retorten in der durch die Pfeile der Fig. 2 angedeuteten Richtung; sie gelangen schließlich durch die Züge L in die Regenerationsanlage, ein Kanalsystem, in welchem sie die noch bewahrte Wärme mittels Leitung durch die Wandungen hindurch an die benachbarten Kanäle der Ober- und der Unterluft abgeben; ihr Weg führt durch die Kanalwindungen M, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6 nach dem Rauchkanal O. Auf welche Weise sie dabei an die Verbrennungsluft und den Wasserdampf (Unterluft) Wärme abgeben, wurde schon oben auseinander gesetzt. Gleichzeitig wird die Verbrennungsluft (Oberluft) durch die Windungen des Kanals N, N_1, N_2, N_3, N_4 nach oben dem Retortenraume zugeführt, sie begegnet dabei den in M bis M_4 sich bewegenden Rauchgasen, von welchen ihr Wärme zugeleitet wird.

Beim Anheizen des Ofens wird es erforderlich werden, den abziehenden Rauchgasen, welche ja im regelrechten Betrieb abwärts zu ziehen gezwungen sind, einen möglichst kurzen und unbehinderten Weg nach dem Schornstein zu verschaffen. Zu dem Ende kann eine unmittelbare Verbindung des Retortenraumes mit dem Rauchkanal durch die besonderen Kanäle U hergestellt werden, welche den Regenerator ausschalten.

Die Konstruktion des Münchner Generatorofens ist hervorgegangen aus den Untersuchungen B u n t e s über die Leistungsfähigkeit der Generatoren unter besonderer Berücksichtigung der Zugverhältnisse und der in Deutsch-

land gebräuchlichen Koksarten. Es hat sich hierbei unter anderem gezeigt, daß die Zuhilfenahme des Wasserdampfes zur Vergasung des Koks einen entschiedenen Vorteil bietet; wenn schon damit ein absoluter Gewinn an Wärme nicht verbunden ist, da ja zur Zersetzung des Wasserdampfes im Generator dieselbe Wärmemenge verbraucht wird, welche sich bei der darauffolgenden Verbrennung des gebildeten Wasserstoffs zu Wasser wieder entwickelt. Der Gewinn liegt darin, daß durch die Wasserzersetzung die Temperatur im Generator vermindert wird, was nur vorteilhaft auf seine Erhaltung und die Wärmeverluste einwirken kann. Die Wärme wird dann wieder gewonnen im Retortenofen, wo sie unmittelbar zur nützlichen Verwendung kommt. Durch die Wasserzersetzung wird die Wärmeentwickelung zum Teil aus dem Generator in den Retortenofen verlegt. Dementsprechend hat es sich gezeigt, daß bei der Zuführung von Wasserdampf in den Generatorraum das Zusammenschmelzen der Asche zu schwer entfernbarer Schlacke vermieden wird.

In ähnlicher Weise äußert sich die abkühlende Wirkung des Dampfes günstig auf die der Hitze ausgesetzten empfindlichen Teile des Generators, namentlich des Rostes, wo ein solcher vorhanden ist, oder auch der Schamottesteine, welche bei anderen Ofenkonstruktionen an Stelle eines Rostes am unteren Teile des Generators zu einem Spalte zusammengerückt sind.

Eine mehrwöchentliche Beobachtung des Münchner Generatorofens führte zur Aufzeichnung der folgenden Betriebsergebnisse:

Gasausbeute:	für den Ofen in 24 Stunden	2300	cbm
	für jede Retorte in 24 Stunden	287	„
	für Ofen und Ladung in 4 Stunden . . .	383	„
	auf 100 kg Kohlen	31	„
Kohlen destilliert:	in 24 Stunden in 8 Retorten . . .	7350	kg
	in 24 Stunden in 1 Retorte	919	„
Koksverbrauch:	für jeden Ofen in 24 Stunden	800	„
	(mit 14 Proz. Asche) auf 100 kg dest. Kohlen .	10,9	„
	(mit 14 Proz. Asche) auf 100 cbm Gas . .	34,8	„

Eine Steigerung der Leuchtgasproduktion durch Vervollkommnungen der Heizanlage, welche eine Temperatursteigerung ermöglichten, hat sich nicht als empfehlenswert erwiesen. Es gelang wohl, die 4stündige Destillationszeit auf 3 Stunden abzukürzen und dabei die Gasausbeute auf 300 cbm für die Retorte zu steigern. Die erzeugten Destillationsprodukte führten jedoch eine Menge hochsiedender Anteile, welche ihre Güte beeinträchtigten, der Teer wurde dick und verstopfte die Rohrleitung, desgleichen machte sich im Gas die Abscheidung von Naphthalin in unliebsamer Weise bemerkbar. Man griff deshalb wieder zurück zur 4stündigen Destillationsdauer und schränkte die Produktion an Leuchtgas auf etwa 250 cbm für die Retorte ein, womit auch die erwähnten Uebelstände wieder hinwegfielen.

Die Studien an dem Münchner Generatorofen gaben für die weiterfolgenden Verbesserungen des Heizungswesens in der Gastechnik die wertvollsten Anhaltspunkte.

Retortenofen von Liegel. Bei den bisher in Betracht gezogenen Gasöfen stand der Generator durchgehends außerhalb der Grundfläche des eigentlichen Retortenofens, entweder auf der Seite oder vorn, in gleicher Höhe mit ihm, teilweise oder ganz in den Boden versenkt. Die Heizgase wurden

durch einen mehr oder weniger langen Kanal nach dem Verbrennungsraum geleitet. Wesentliche Abweichungen von dieser Bauart zeigt das Ofensystem von Gasdirektor Liegel in Stralsund. Sein Generator liegt teilweise unterhalb des Ofens, er ist in diesen soweit hineingebaut, daß sein oberer Teil (die Gicht) unmittelbar in den Retortenraum ausmündet. Ein besonderer Gaskanal wird also nicht erforderlich. Die Einfüllöffnung des Generators liegt auf dem Boden vor der Fronte des Ofens, so daß der aus den Retorten abgezogene Koks, sofern er zur Heizung des Ofens verwendet werden soll, keines weiteren Transportes bedarf.

Charakteristisch für den Liegelschen Ofen ist das Fehlen eines eigentlichen Rostes; eiserne Feuerthüre, Schieber und Wasserkasten sind ebenfalls vermieden; es findet keine Speisung mit Wasserdampf statt. Ausgezeichnet ist dieses Ofensystem ferner durch seinen gedrungenen Bau; die zur Wärmeregeneration dienenden Kanäle führen zu beiden Seiten des oberen Generatorschachtes.

Einzelheiten des Liegelschen Retortenofens sind aus Fig. 1 bis 4, Taf. 6, zu ersehen. Durch eine Ausbauchung des Generators über die Frontlinie des Ofens wird der Füllschacht gewonnen, von welchem bereits die Rede war. Der Schnitt, Fig. 1, läßt erkennen, daß sich der Generatorschacht von einer bestimmten weitesten Breite ab nach unten sehr rasch verjüngt; er endigt in einem Schlitz von etwa 10 cm Breite. Diese Einrichtung muß bei dem Liegelschen Ofen den Rost ersetzen. Das Heizmaterial ruht auf den schrägen unteren Seitenwänden des Generators; es findet bereits innerhalb desselben eine äußerst intensive Wärmeentwickelung statt, weil die vorgewärmte (sekundäre) Verbrennungsluft etwa im oberen Drittel des Generators eintritt. Die Schlacke schmilzt infolgedessen im Schachte verhältnismäßig leicht, sie fließt beständig durch den Schlitz ab. Hierin ist ein Hauptvorzug des Systems zu erblicken, da die Arbeit des Abziehens der Schlacke wegfällt und höchstens zeitweise Nachhilfe mittels eines Schüreisens erforderlich wird.

Indessen verursachte aber auch diese Anordnung erhebliche technische Schwierigkeiten, da gerade die Schlitzsteine höheren Temperaturen ausgesetzt sind und durch Einwirkung der geschmolzenen Schlacke leicht der Zerstörung anheimfallen. Man suchte dies erst dadurch zu verhindern, daß man gegen diese Steine kalte Luft streichen ließ, welche dann unmittelbar in den Verbrennungsraum hineingezogen wurde. Später ersetzte man die Schlitzsteine durch Kantenstücke aus Eisen, welche, infolge ihrer Wärmeleitungsfähigkeit, die erstmals darüber fließende Schlacke rasch abkühlen und zum Erstarren bringen, so daß der emailleartige Ueberzug selbst jetzt eine Schutzdecke bildet.

Unter dem Schlitze setzt sich der Generator in eine kastenartige Erweiterung fort, welche zur Aufnahme der herabfließenden Schlacke und nicht vollkommen verbrannter Koksstücke, welche aus dem Schlitze herunterfallen, dient; es kann hier ein Rost angebracht werden, auf welchem die Kohlenstücke weiter brennen; die heißen Verbrennungsgase ziehen dann in den Generator ab.

Unter Umständen empfiehlt es sich auch, auf diesem Roste ein kleines Feuer zu unterhalten; dann nämlich, wenn Heizmaterial mit strengflüssiger Schlacke im Generator zur Verwendung kommt. Das Rostfeuer soll dann das Abfließen der Schlacke befördern. Besondere Wartung des Rostfeuers

wird nicht erforderlich; die durch die Generatoröffnung herunterfallenden brennenden Koksstücke genügen, um das Feuer zu unterhalten.

Der untere Teil des Generators ist zugängig gemacht durch einen überwölbten Gang, welcher, wo es sich um mehrere nebeneinanderstehende Gasöfen handelt, vor der Vorderseite des letzteren herläuft und nach jeder Feuerung hin besondere Seitengänge entsendet. Von hier aus kann der Heizer die erstarrte Schlacke abziehen und die etwa erforderliche Schürarbeit verrichten. Der Generator wird, wie schon erwähnt, durch die nach dem Boden des Retortenhauses mündende Einfüllöffnung mit Brennmaterial beschickt; das letztere wird in dem Schachte so hoch angehäuft, daß es an der Zwischenwand anstößt, welche den Füllraum von dem höher gelegenen Teile des eigentlichen Generatorschachtes, dem Gasraume, abgrenzt.

Die Vorwärmung der Verbrennungsluft (Oberluft) geschieht bei dem Liegelschen Ofen in der Weise, daß man dieselbe in seitlich neben dem Generator und unter den Flügelretorten liegende Kanäle von der Vorderseite des Ofens aus nach dessen Rückseite und von hier wieder nach vorne ziehen läßt, wobei sie die vom Generator, sowie den benachbarten, unter den Flügelretorten liegenden Rauchkanälen herbeigeleitete Wärme aufnimmt. Späterhin hat Liegel seine Konstruktion dahin abgeändert, daß er die Rauchgase, um deren Wärme weiter auszunützen, noch durch ein System von parallelen Kanälen streichen ließ, bevor sie in den Rauchkanal ausmündeten; mit diesen Kanälen verlaufen dann in gleicher Lage diejenigen für die Verbrennungsluft. Die vorgewärmte Verbrennungsluft gelangt, wie schon weiter oben hervorgehoben wurde, unmittelbar in den oberen Teil des Generators; sie tritt in denselben ein aus mehreren seitlichen Oeffnungen, welche an ihrem Leitungskanale angebracht sind. In dieser Höhenlage des Generators vollzieht sich also die Verbrennung. Die Feuergase steigen in die Höhe und umspülen die Retorten in dem Ofen. Unmittelbar über dem Generator liegende Retorten werden gegen die Stichflamme geschützt durch einen Schirm aus feuerfestem Thon. Die Flamme teilt sich hier nach beiden Seiten, wendet sich, am Ofengewölbe angelangt, nach rechts und links und steigt zwischen Ofenwand und Retorten abwärts. Die Rauchgase gelangen unter den Flügelretorten in ihre Abzugskanäle.

Genaue Untersuchungen über die Vorgänge, welche sich im Liegelschen Generatorgasofen vollziehen, sowie über die Wirkungsweise des letzteren im Hinblick auf Ausnutzung des Brennmaterials liegen von Bunte vor. Es zeigte sich zunächst, daß die Zusammensetzung des Generatorgases den folgenden Verhältnissen entsprach:

Kohlensäure	6,4	Prozent,
Kohlenoxyd	19,1	"
Stickstoff	74,5	"
	100,0.	

Auf rechnerischem Wege ließ sich bemessen, daß die Temperatur, welche bei der Verbrennung dieses Gasgemisches mit der nötigen Menge Sauerstoff erzeugt wird, nahezu 1700° beträgt. Durch den Versuch konnte die Temperatur, welche in der Mitte des Ofens über dem Generator am höchsten ist, da sich hier die Verbrennung vollzieht, nicht gemessen werden. Mit der Ermittelung derselben würde man in der Lage gewesen sein, die Menge der durch Leitung der Generatorwände in Verlust geratenen Wärme festzustellen.

Indessen verläuft die Verbrennung in der Regel nicht in vollkommener Weise. Es hat sich vielmehr gezeigt, daß den Generatorgasen bald ein Ueberschuß an Oberluft zugeführt wird, bald die Luft für die vollkommene Verbrennung nicht ausreicht. Die Rauchgase, deren Untersuchung auch hier wieder zur Erkennung des Vorgangs bei der Verbrennung gedient haben, zeigten in beiden Fällen die folgende mittlere Zusammensetzung:

	bei Luftüberschuß	bei Luftmangel
Kohlensäure	16,0 Prozent	16,9 Prozent
Kohlenoxyd	— "	3,5 "
Sauerstoff	3,4 "	— "
Stickstoff	80,6 "	79,6 "

Dieser Wechsel in der Zusammensetzung der Verbrennungsgase kann äußerst rasch hintereinander erfolgen. Wie es sich herausgestellt hat, wird er bedingt durch die sich stets ändernde Weite des Schlitzes, durch welchen die Unterluft in den Generator eintritt. Verengert sich nämlich dieser Schlitz durch Schlackenbildung, so wird mit dem beschränkteren Luftzutritt auch die Produktion an Generatorgas nachlassen; die letztere steigt hingegen, wenn der Luftzutritt befördert wird. Die Oberluft, welche sich mit dem Heizgas zu mischen hat, wird dagegen in der Zeiteinheit in annähernd immer derselben Menge in den Generator einströmen, und hierdurch wird das Mißverhältnis in der Beschaffenheit der Feuerluft hervorgebracht.

So fanden sich beispielsweise nach der Reinigung des Schlitzes in den Rauchgasen 3 Prozent Kohlenoxyd; die Menge desselben nahm nun stetig ab, sie verschwand nach ungefähr einer halben Stunde; von jetzt ab zeigte sich in den Rauchgasen überschüssiger Sauerstoff, dessen Menge nach einer weiteren halben Stunde auf 3 Prozent angewachsen war. Der Schlitz des Generators hatte sich wieder durch die abtropfende Schlacke verengert; nach seiner Reinigung erfolgte wieder der Wechsel in der Zusammensetzung der Verbrennungsgase.

Für die Betriebsführung ergibt sich hieraus der Schluß, daß auf die öfters wiederholte und gleichförmige Reinigung des Generatorschlitzes besondere Aufmerksamkeit zu verlegen ist. Indessen tritt der aus zeitweiligen unrichtigen Mischungsverhältnissen von Heizgas und Verbrennungsluft sich ergebende Fehler in den Hintergrund gegenüber dem ganz bedeutenden Wärmeverlust, den die nicht weit getriebene Wärmeregeneration des alten Liegelschen Ofens im Gefolge hat. Die Feuergase zeigen am oberen Gewölbe des Gasofens eine mittlere Temperatur von etwa 1400° C., am Austritt unter den Flügelretorten 1100° C., mit der dieser hohen Temperatur entsprechenden Wärmemenge entfernten sie sich in den Schornstein. Es ist klar, daß der hierbei entstehende Verlust auf dem Wege der Regeneration wieder wenigstens teilweise ausgeglichen werden kann. Eine vollkommenere Regeneration erscheint bei diesem System schon aus dem Grunde angezeigt, weil hier die Verbrennung des Koks im Generator durch etwa $^2/_3$ der gesamten zur Verbrennung notwendigen Luft als Unterluft zugeführt wird, und zwar im nicht vorgewärmten Zustande; nur $^1/_3$, die Oberluft, kann an der Regeneration durch die abziehende Ofenwärme sich beteiligen. Anders liegen die Verhältnisse bei der Verbrennung mit Zuhilfenahme von Wasserdampf, welcher eine bestimmte Menge von Luft ersetzt, wenn derselbe durch die Wärme der abziehenden Rauchgase kostenlos erzeugt wird.

In späteren Konstruktionen hat Liegel nun diesen Verhältnissen nach Möglichkeit Rechnung zu tragen gesucht und die Rauchgase durch ein längeres Kanalsystem geleitet, dem ein entsprechendes zweites System für die Verbrennungsluft zur Seite lief; dieses letztere befindet sich zwischen den Rauchgaskanälen und dem Generator. Auch ließ man die Unterluft an der Regeneration teilnehmen, man führte sie in vorgewärmtem Zustande in den Generator. Dieser selbst wurde in seiner Form etwas verändert, dasselbe gilt auch von der Gestalt und Lage der Schlitze, welche die Verbrennungsluft zu dem Heizgas gelangen lassen.

Retortenofen von Baecker. Ein Gasofen mit gleichfalls nicht weiter ausgebildetem Regeneratorsystem, ähnlich wie beim Liegelschen Ofen, wurde von Baecker konstruiert. Fig. 3, Taf. 4, stellt den Querschnitt der Ofenkonstruktion dar. Die Lage des Generatorschachtes unter dem Retortenraume stimmt überein mit der Bauart des Ofens von Liegel. Der Schacht ist indessen überwölbt; er läßt an seiner Decke zwei Reihen von je sechs Schlitzen für den Austritt des Heizgases frei. Die Einfüllöffnung befindet sich unten auf der Vorderseite des Ofens, sie mündet unmittelbar in den Hauptraum des Generators ein. Der letztere besitzt keinen Rost; an seine Stelle ist eine eigentümliche Bauart des Schachtes getreten, die darin besteht, daß sich derselbe nach unten zu sehr stark verjüngt, so daß die Brennstofffüllung auf den geneigten Seitenwänden aufruht und erst bei fortschreitender Verbrennung allmählich nach unten sinkt. Die Schlacke ist vom Boden des Retortenhauses aus mittels einer langgestielten Schaufel aus dem Vorraume des Generators herauszuheben. Die zur Verbrennung dienende Oberluft nimmt ihren Weg in der Richtung der Pfeile durch die auf beiden Seiten des Generators liegenden Kanalwindungen hindurch, sie empfängt ihre Wärme also zumeist von dem benachbarten Generator aus durch Leitung. Zum Schlusse vereinigen sich die beiden Kanäle in ein gemeinsames Kanalstück, das sich auf dem Scheitel des Generatorgewölbes hinzieht und daselbst aus 12 Löchern, welche mit den Schlitzen des Generators zusammentreffen, die Verbrennungsluft ausströmen läßt. Die Verbrennung vollzieht sich jeweils an zwei sich entsprechenden Ausströmungsöffnungen der beiden Luftarten; die Feuergase steigen in die Höhe und gelangen, nachdem sie sämtliche Retorten umspült haben, bei den Flügelretorten in die unter denselben liegenden Rauchkanäle.

Retortenofen von Hasse und Vacherot; Halbgasfeuerung. Bei den letztbehandelten Systemen von Retortenöfen — dem von Liegel und Baecker — spricht sich besonders deutlich das Bestreben der Gastechnik aus, von sehr vollkommen eingerichteten Generatorgasheizungen mit weitgehender Regeneration der Wärme Abstand zu nehmen und an dessen Stelle immer mehr vereinfachte Feuerungsanlagen zu setzen. In anbetracht der hohen Baukosten hat es sich insbesondere für kleinere Gasanstalten als empfehlenswert erwiesen, zu gunsten einfacherer Oefen auf sehr hohe Nutzwirkungen Verzicht zu leisten. Die Vorteile der Generatorgasheizung, auch teilweiser Regeneration, hat man jedoch nirgends ganz fallen lassen.

Eine sehr vereinfachte Ofenkonstruktion ist durch Hasse und Vacherot eingeführt worden. Dieser Retortenofen, näher gekennzeichnet durch die Schnitte der Fig. 4 bis 6, Taf. 4, besitzt eine Feuerungsanlage, die sowohl als eine Generatorgas- wie auch als eine Rostfeuerung aufgefaßt werden

kann, indem sie nach Bau und Wirkungsweise in deren Mitte steht; dieselbe wird daher auch als Halbgasfeuerung bezeichnet.

Der Ofen besitzt einen Rost A, unter welchem sich ein stets mit Wasser gefüllter Behälter O befindet. Nach der vorderen Ofenwand zu kann der Feuerherd luftdicht abgeschlossen werden durch zwei Thüren C und E. Die erste derselben führt unmittelbar in den Raum B oberhalb des Rostes; von hier aus erfolgt die Beschickung des letzteren mit Brennstoff. Die untere Thüre E, nach Raum D führend, dient zur Entfernung der hier sich ansammelnden Schlacke. Nun kann der Rost in einer solchen Höhe mit Brennstoff beladen werden, daß die von unten her genährte Verbrennung thatsächlich bis zu einem gewissen Grade wie im Generator verläuft. Es bildet sich, da dem Brennstoff über dem Roste zunächst keine Luft zugeführt wird, ein nicht unbeträchtlicher Teil von Kohlenoxydgas, welches erst später in dem Ofengewölbe, wie wir noch sehen werden, verbrannt werden soll.

Die primäre Verbrennungsluft (Unterluft) wird vorgewärmt; sie gelangt auf dem folgenden Wege unter den Rost. Sie tritt auf der Vorderseite des Ofens unter den beiden Flügelretorten bei G in die Kanäle H ein; der Durchlaß ist durch die Schieber F regulierbar. Die Kanäle führen in wagerechter Lage zweimal von der vorderen nach der hinteren Seite des Ofens und nehmen einen mäanderähnlichen Verlauf, um eine große Oberfläche zu bieten. Endlich münden sie aus in die seitlichen Schlitze J unterhalb des Rostes.

Die Vorwärmung der Unterluft auf diesem Wege erfolgt dadurch, daß die Verbrennungsgase des Ofengewölbes, nachdem sie die beiden Flügelretorten erreicht haben, hier in den unter den letzteren befindlichen Rauchkanal bei K umbiegen und von vorn nach hinten den Ofen durchziehen. Sie begeben sich jetzt durch die Oeffnung L nach dem Kanal M (unterhalb des Luftkanales H), biegen, wieder auf der Vorderseite des Ofens angelangt, nochmals um, durchstreichen den Kanal N und ziehen jetzt unmittelbar in den Schornstein ab.

Die Verbrennung auf dem Roste A ist, wie bereits erwähnt, keine vollständige, sondern es tritt ein nennenswerter Anteil von Kohlenoxydgas auf, welches mit den Feuergasen nach dem Retortenraume gelangt. Um hier die Verbrennung zu vollenden, ist es notwendig, den Gasen noch Oberluft zuzuführen. Diese sekundäre Verbrennungsluft tritt am hinteren Teil des Ofens (bei P) durch eine mittels Schiebers regulierbare Oeffnung Q in ein Kanalsystem R ein, welches sie auf einem möglichst weiten Wege durchfließt, und nunmehr, durch die Schlitze S austretend, sich mit den Feuergasen im Retortenraum mengt und deren Verbrennung vervollständigt. Auf ihrem Wege durch das Kanalsystem R wird die sekundäre Verbrennungsluft durch die den Kanälen mitgeteilte Ofenwärme vorgewärmt.

Die Teerfeuerung. Die Gasindustrie ist schon frühzeitig darauf bedacht gewesen, dem bei der Leuchtgasbereitung auftretenden Teer ein Absatzgebiet zu verschaffen, welches für seine durch Ueberproduktion bedingte Entwertung ein wirksames Gegengewicht abgeben soll. Es lag nahe, den Teer (wie den gleichfalls als Nebenprodukt erhaltenen Koks) zur Heizung der Retortenöfen zu verbrennen, und hat sich diese Verwendungsweise als sehr empfehlenswert gezeigt, namentlich zu Zeiten, in denen die Nachfrage des Handels nach Teer gegenüber einem großen Angebot nur gering war.

Dieser Zustand macht sich zur Zeit bemerkbarer denn jemals, und wird auch voraussichtlich nicht mehr ein anderer werden. Der Grund hierfür liegt in dem Vorgehen der Kokereien, mit ihrem Ofenbetriebe zur Ueberführung der Steinkohle in Koks nunmehr auch die hierbei auftretenden kondensierbaren Produkte zu sammeln und in den Handel zu bringen.

Als Brennmaterial eignet sich der Teer ganz vorzüglich. Da er in der Hitze vergast, so verbrennt er, im Gegensatz zu festem Brennstoff, sehr schnell und bildet dabei eine mächtige Flamme. Sein Brennwert beträgt 8500 bis 9000 Wärmeeinheiten, er übertrifft somit denjenigen der besten festen Brennmaterialien. Nach Urteilen von Gasfachmännern kann durch zweckmäßige Verbrennung des Teers im Retortenofen die anderthalbfache bis doppelte Koksmenge daselbst ersetzt werden.

Die Art der Ausführung, in welcher man den Teer zur Verbrennung brachte, war und ist noch zur Zeit die denkbar verschiedenste. Man verbindet die Teerfeuerung mit der Rost- und mit der Generatorgasfeuerung oder verbrennt auch den Teer in besonders dafür konstruiertem Herde für sich allein. Verschieden ist ferner die Stelle, von welcher aus der Teer in den Verbrennungsraum eingeführt wird; man läßt ihn in Verbindung mit Generatorheizung entweder als einen staubartigen Regen, welcher mittels eines Gebläses hervorgebracht wird, von unten (mit der Unterluft) in den Generator eintreten, oder man läßt ihn unmittelbar über dem Roste auf den glühenden Koks fließen oder man läßt ihn durch die Decke des Generators hindurch auf die Oberfläche der Brennstofffüllung aufträufeln. Man hat endlich den Teer zu seiner Verbrennung in denjenigen Teil eines Retortenofens für Generatorgas eingespritzt, in welchem für gewöhnlich die Vereinigung des Heizgases mit der vorgewärmten Luft erfolgt.

Dieser Mannigfaltigkeit der Art, nach welcher die Teerfeuerung ausgeführt wird, entsprechen sehr verschiedene Anordnungen, mittels welcher der Teer zu seiner Verbrennung in den Ofen geleitet wird. Am einfachsten ist dieselbe wohl durch die deutsche Kontinental-Gasgesellschaft zu Dessau bereits im Jahre 1859 durchgeführt worden. Die Anstalten dieser Gesellschaft ließen den Teer aus einem Behälter, welcher auf dem Retortenofen stand, durch ein Rohr in eine schiefliegende Rinne fließen, gleichzeitig mit einem aus einer zweiten Leitung ausfließenden dünnen Wasserstrahl, welcher den Teer verdünnen sollte. Das Teerwasser-Gemisch gelangt jetzt durch einen Trichter wieder in ein gemeinsames Rohrstück, welches unter einem Einfallwinkel von etwa 25° oberhalb der Feuerthüre in den Verbrennungsraum einmündet. Der ausfließende Teer fällt hier auf eine Platte aus feuerfestem Thon, welche sich stets in Weißglut befindet und den Teer zersetzt; sein Dampf, sofern er nicht sogleich zur Verbrennung gelangen konnte, verbrennt auf seinem weiteren Wege durch den Feuerungsraum.

Als eine Vervollkommnung dieser Anordnung kann das System bezeichnet werden, nach welchem seit einigen Jahren Horn den Teer zur Verbrennung bringt (Journ. f. Gasb. 1886).

Die Einzelheiten der Feuerungsanlage sollen durch Fig. 1 bis 5, Taf. 8, gezeigt werden. Nach Horns eigener Beschreibung liegt der Behälter A, welcher ½ m hoch ist, an der Seite des Ofens, so daß sein Inhalt durch die Wärme des letzteren stets in einem dünnflüssigen Zustande erhalten bleibt. Der Teer findet, nachdem er zu seiner Reinigung durch ein in der Nähe des Bodens vom Behälter befindliches Sieb hindurchgetreten ist, seinen Aus-

tritt durch ein 13 mm weites Rohr mit Hahn; der Ausfluß kann noch besonders geregelt werden durch einen in der Ausmündung des Rohres steckenden zugespitzten Draht, wie dies Fig. 5 deutlicher zeigt. Von dem zweiten, aber kleineren Behälter B fließt der Teer durch ein 26 mm weites Rohr bis über die Feuerthüre des Ofens. Hier endigt das Rohr in einem T-Stück, welches bei Seite gedreht werden kann, sobald die Feuerthüre geöffnet werden soll. Die letztere besitzt nun eine eigenartige Konstruktion, welche namentlich bei den Fig. 3 und 4 erkennbar ist. Die Thüre ragt kastenartig über die Front des Ofens hervor. Ihre Deckplatte a besitzt ein rundes Loch b von 10 cm Durchmesser; in diesem hängt der halbkugelförmige Eisenkörper c. Auf der Vorderwand befindet sich der Luftschlitz d und das Schauloch e, welch letzteres durch eine Klappe geschlossen werden kann. Ein Luftschlitz befindet sich auch unter der Feuerthüre bei f.

Ueber der Deckplatte der Feuerthür steht die geneigte Rinne g, in welche der Teer von der oben beschriebenen Zuleitung aus sich hinein ergießt. Von hier aus fließt das Brennmaterial auf die Mitte der Halbkugel c, es wird durch dieselbe verteilt, indem es über den Rand des Körpers abfließt, und gelangt auf diese Weise in vielfache Berührung mit den heißen Innenwandungen der Feuerthüre, welche mit feuerfestem Thon ausgefüttert sind. Der Teer wird größtenteils vergast, schwerer zersetzbare Anteile desselben fließen auf der geneigten Schamottefütterung h nach unten gegen den Verbrennungsraum zu; indem sie über den Rand x hinabstürzen, treffen sie mit der durch f eintretenden Luft zusammen, mit welcher sie vollkommen (rauchfrei) verbrennen.

Die beschriebene Anordnung ist in Fig. 2 in Verbindung mit einer Generatorgasheizung gedacht. Man hat hierbei dafür Sorge zu tragen, daß der glühende Koks in dem Generator in der Weise zu lagern ist, wie dies aus der Zeichnung hervorgeht, daß nämlich der Raum, in welchem sich die Teerverbrennung vollziehen soll, möglichst weit frei bleibe.

Um den Teer zur Verbrennung tiefer in den Ofen einführen zu können, ohne daß hierbei das metallene Zuleitungsrohr der zerstörenden Einwirkung der Ofenhitze unterliege, hat Ringk das in den Ofen hineinragende Zuleitungsrohr mit einer Wasserkühlung ausgestattet. Fig. 6, Taf. 8, zeigt den Durchschnitt der sehr einfachen Einrichtung. Der Mantel des Teerrohres steht mit einer Wasserleitung in Verbindung, das Wasser nimmt seinen Lauf in der Richtung der Pfeile, wobei es das Teerrohr beständig umspült.

Von weiteren Vervollkommnungen der Teerfeuerung verdient namentlich die Zuhilfenahme des Dampfes zum Einspritzen des Teers in den Feuerungsraum hervorgehoben zu werden. Eine derartige Einrichtung hat als Körtings Zerstäuber große Verbreitung gefunden (Journ. f. Gasb. 1886). Der Apparat, Fig. 7, Taf. 8, besteht aus zwei fest miteinander verbundenen Teilen, der Teerspritze und dem Dampfrohr. Beide sind so gegeneinander gelagert, daß sie sich in der Verlängerung ihrer Längsachsen schneiden. Der Teer fließt aus der Spritze, in welche er seitlich eingeleitet wird, in dünnem Strahle aus; der Ausfluß kann geregelt werden durch einen in der Achse der Spritze in einem Gewinde drehbar angeordneten Stift. Der Teerstrahl wird nun durch einen aus dem zweiten Rohre kommenden Dampfstrahl getroffen, und damit, sowie des weiteren mit Luft vermengt, als ein feiner Regen in den Verbrennungsraum hinein mitgerissen. Die jetzt sich vollziehende Verbrennung kann sich zu einer vollkommenen gestalten, sofern

überhaupt die zur Verbrennung der Teers erforderliche Luft in hinreichender Menge vorhanden ist.

Die ganze Einrichtung der Teerfeuerung mit Körtings Zerstäuber wird durch Fig. 8 u. 9, Taf. 8, dargestellt; ein Retortenofen wird hier ausschließlich mit Teer geheizt. Der Teer wird aus der Cisterne C nach dem auf dem Ofen stehenden Behälter S gehoben; es dient hierzu der Saugapparat L mit dem Dampfrohr D_1, welcher in seiner Wirkung die Umkehrung des auf S. 127 beschriebenen Körtingschen Dampfstahlgebläses darstellt. In dem genannten Behälter wird der Teer vorgewärmt und dünnflüssig erhalten; er gelangt von hier aus durch das Leitungsrohr E nach dem geschlossenen Topfe T, in welchem ein Sieb für die Reinigung des Teeres querüber eingelegt ist. Auf der Leitungsstrecke zwischen dem Siebtopf und dem Zerstäuber befindet sich eine Verengerung A; um diese jederzeit reinigen zu können ist die Vorrichtung angebracht, daß das Verbindungsstück H, eine Hülse, über das obere Rohr geschoben werden kann. Die Teerspritze ist mit V, das Dampfrohr mit D bezeichnet.

Die Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß sie ganz aus Eisen und äußerst solide konstruiert ist; die Bedienung derselben ist eine einfache. Durch Regulierung des Dampfventils hat man es in der Hand, den Teer in den erforderlichen Verhältnissen mit Luft vermengt in den Ofen gelangen zu lassen, während der Teerzufluß selbst durch die Spritze, wie schon oben erwähnt, geregelt werden kann. Dieser Punkt ist für die Teerheizung von besonderer Wichtigkeit. Man hat nämlich die Wahrnehmung gemacht, daß bei zu großer Luftzufuhr die Verbrennung des Teeres zu lebhaft von statten ging; es kann eine die Retorten schädigende Stichflamme gebildet werden. Andererseits kann natürlich auch das Mindermaß von Luft nicht günstig auf den Verbrennungsvorgang einwirken; man wird in diesem letzteren Falle im Verbrennungsraume immer Rauch wahrnehmen können, als ein Zeichen der unvollständigen Verbrennung.

Die Teerverbrennung mittels des Zerstäubers von Körting hat sich im Betriebe aufs beste bewährt. Nach genauen Beobachtungen konnten mit je 5,4 kg Dampf von 3 Atmosphären Ueberdruck stündlich 30 kg Teer der Verbrennung zugeführt werden.

Schumann & Küchler ließen sich eine Feuerungsanlage patentieren für abwechselnde Heizung mit festem Brennstoff allein oder mit diesem und Teer zusammen. Die Art der Einrichtung geht aus Fig. 10, Taf. 8, hervor. Für gewöhnliche Koksfeuerung dient der höher gelegene Rost r. Dieser wird herausgenommen, wenn Koks und Teer gleichzeitig verbrannt werden sollen. Man unterhält dann auf dem tieferliegenden Roste e ein kleineres Koksfeuer. Hinter diesem Roste liegt die Mulde m, auf welche durch die an der Decke des Herdes befindliche Oeffnung o hindurch ein beständiger dünner Strahl von Teer fällt. Dieser verbrennt zum Teil schon auf seinem Weg durch den Feuerraum, der Rest wird in der Mulde weiterbrennen.

Verteilung der Retorten im Ofengewölbe. In den letzten Abschnitten ist ausschließlich von denjenigen Teilen der Gaserzeugungsöfen verschiedener Systeme die Rede gewesen, welche zur Hervorbringung der für die Vergasung fester Brennstoffe erforderlichen Hitze dienen, der Feuerungsanlage im besonderen. Der Retortenraum selbst ist noch unberücksichtigt geblieben,

sofern nicht die Feuergase auf ihrem Wege durch denselben hindurch nach der Regeneration zu verfolgen waren. Es ist also zunächst die Anordnung der Retorten in dem Gewölbe ins Auge zu fassen, wobei wir noch absehen von dem Material, aus welchem die Retorten hergestellt sind, sowie deren Form, obgleich beides im Hinblick auf die hierzu notwendige Konstruktionsweise von einiger Bedeutung ist. Es ist nämlich bei der Anordnung der Retorten in dem Gewölbe deren Festigkeit wohl zu berücksichtigen, welche eben durch das Material und die Form bedingt wird.

Die Anzahl der Retorten, welche in ein Gewölbe gemeinschaftlich eingelagert werden, beträgt 1 bis 11, in vereinzelten Fällen ging man damit noch weiter. Man spricht nach dieser Zahl der Retorten von 3er, 5er, 11er Oefen u. s. f. Die Anzahl sowie die Art der Verteilung der Retorten in dem Ofen hat in der Gastechnik von jeher eine große Rolle gespielt. Dies findet seine Berechtigung darin, daß sich die Wärme innerhalb des Ofens, je nach der Konstruktion des letzteren, in einer ganz bestimmten Weise verbreitet und nun die Retorten so gesetzt werden müssen, daß jede einzelne derselben in gleicher Weise an der Erwärmung teilnimmt. Es wird daher auch nur eine gewisse größte Anzahl von Retorten innerhalb ein und desselben Ofengewölbes zulässig sein, wenn einerseits die entwickelte Wärme möglichst gut ausgenutzt werden, andererseits für jede Retorte soviel Wärme zur Verfügung stehen soll, als zur trockenen Destillation des Vergasungsmaterials erforderlich ist. Nach einer Erfahrung des Betriebes ist das Verhältnis von Gasausbeute und aufzuwendendem Heizungsmaterial für die Feuerungsanlage nicht unwesentlich von der Art der Verteilung der Retorten innerhalb dem Ofengewölbe abhängig.

Namentlich ist zu berücksichtigen, daß diejenigen Retorten, welche der Verbrennungsstelle zunächst liegen, der Einwirkung des Feuers am meisten ausgesetzt sind, von diesem auch wohl leichter zerstört werden, während die Flügelretorten, bei welchen die Verbrennungsgase abziehen, von den letzteren weniger Wärme empfangen werden. Andererseits gab es sich auch als empfehlenswert zu erkennen — wo man es mit einer Rostfeuerung des Ofens zu thun hatte — in der Mitte des Retortengewölbes Raum zu lassen für freie Entfaltung des Feuers. Aus dieser Erwägung ging aus dem 7er Ofen ein 6er Ofen hervor, in welchem die 6 Retorten im Bogen nahe den Wandungen des Ofengewölbes angeordnet waren, während früher eine siebente sich noch innerhalb des Bogens befand.

Die Verteilung der Retorten erfolgt heute auf die verschiedenste Art; es sei nur verwiesen auf die Konstruktionen der Liegelschen Oefen auf Taf. 7. Hauptsächlich handelt es sich darum, die Feuergase möglichst gleichmäßig in dem Ofengewölbe zu verteilen; den Weg, welchen sie hier nehmen, haben wir bereits an einigen Beispielen kennen gelernt.

Eine Art der Einmauerung der Retorten in dem Gewölbe soll an Fig. 11, Taf. 8, gezeigt werden. Es ist hier der 6er Ofen (von Oechelhäuser) zur Darstellung gebracht. Die Retorten werden durch Stützen s und p aus feuerfestem Thon getragen und gegenseitig abgesteift; die Anzahl dieser Stützen richtet sich nach der Festigkeit der Retorten. Während man früher bei Anwendung eiserner Retorten etwa 8 Unterstützungen für nötig fand, begnügt man sich heute mit weniger, bis 3, in dem Maße, in welchem die jetzt aus Schamotte hergestellten Retorten vervollkommnet worden sind. Dem Feuer wird der Weg, auf welchem es die Retorten umspülen soll, dadurch vor-

geschrieben, daß diese letzteren nach Wahl durch die dünnen Sperrmauern m ihrer ganzen Länge nach miteinander verbunden sind. Die Feuergase, welche von der Mitte des Ofens nach oben steigen, gelangen also nur zwischen den beiden höchstgelegenen Retorten hindurch nach dem Ofengewölbe, wenden sich hier nach beiden Seiten wieder abwärts zwischen Ofenmauer und Retorten und gelangen endlich in die Rauchkanäle r.

Im allgemeinen sind die Retorten immer nach der beschriebenen Weise im Ofen eingemauert. Verbesserungen im Ofenbau von Klönne zielen dahin, den Retorten und dem Ofen gegen die Hitze des Feuers größeren Schutz zu gewähren, andererseits den Weg der Feuergase zur günstigeren Verteilung ihrer Wärme durch den Ofen zu leiten. Fig. 12 bis 16, Taf. 8, zeigt die Bauart Klönnes in ihren Einzelheiten, und zwar Fig. 12 u. 13 die Einbauung der Flügelretorten, Fig. 14 und 15 sowie auch Fig. 16 diejenige der höher gelegenen. Die Träger, bezw. Sperrmauern w, durch welche die Retorten voneinander getrennt werden, teilen das Ofengewölbe in den inneren Raum a und den äußeren Raum b; die Feuergase werden also im allgemeinen auf der Seite der inneren Wand in die Höhe steigen, über die höchstgelegene Retorte umbiegen und sich nunmehr auf der äußeren Seite der Wand wieder abwärts senken. Es sind jedoch zwischen den Retorten und den Sperrmauern bei e schmale Schlitze ausgespart, welche einem kleinen Teil der Feuergase den unmittelbaren Uebertritt aus dem inneren Feuerraum a nach dem äußeren b gestatten; hierdurch soll vermieden werden, daß in dem Winkel zwischen Retorte und Sperrmauer eine Stauung der Feuergase entstehe; indem es den letzteren gestattet ist, durch e hindurch zu treten, können sie die Retorten auch auf deren Unterseite in genügender Weise berühren. Auf der Außenseite der Retorten finden sich die schädlichen Winkel bloß bei den beiden Flügelretorten, da nur diese mit ihrer Mitte auf die Sperrmauern aufgesetzt sind. Um auch hier eine gleichmäßigere Verteilung des Feuers herbeizuführen, zwingt man die absteigenden Gase, durch die quergespannten Platten d ihren Weg durch die Löcher l zu nehmen, welche sich in dem Winkel des Ofenraumes b zwischen Retorte und Sperrmauer befinden. Die Zugrichtung wird auf die vorbeschriebene Weise zu einer möglichst vorteilhaften gestaltet.

Eine weitere Vervollkommnung bei der Einmauerung der Retorten besteht darin, daß die Strebepfeiler der Retorten an ihrer Berührungsfläche mit den letzteren kanneliert sind, wodurch der Wärmeverlust der Retorten durch Leitung in dem Mauerwerk vermindert werden soll. Andererseits soll die Retorte durch eine aufgelegte Decke o aus feuerfestem Thon mit Isolierlöchern geschützt werden vor zu starker Erhitzung auf ihrer Oberseite, weil dadurch die Beschaffenheit des Leuchtgases ungünstig beeinflußt wird. Schließlich ist noch hervorzuheben, daß der obere Teil des Ofengewölbes vor der zerstörenden Einwirkung des Feuers geschützt werden kann durch einen über die Retorten gespannten Schirm aus feuerfestem Material (vergl. Fig. 16).

Die Retorten.

Was die Retorten selbst betrifft, so herrschten sowohl in Bezug auf das Material, aus welchem dieselben hergestellt werden, als auch hinsichtlich ihrer Form seit Anbeginn der Gastechnik große Verschiedenheiten.

Von dem Retortenmaterial kommen nur Eisen und Thon (Schamotte) in Betracht. Man hat lange Zeit hindurch die Retorten ausschließlich aus Eisen konstruiert und konnte sich nur schwer von der Verwendung dieses Materials loswinden zu Gunsten der heute allgemein gebräuchlichen Schamotteretorte. Die Zeit, welche diesen Wendepunkt bezeichnete, liegt zu Anfang der sechziger Jahre. Eiserne Retorten können heute nur noch bei der Oelgasbereitung in Frage kommen, bei welcher sie allerdings unbestritten das Feld behaupten; es sollen jedoch die hierfür dienlichen Einrichtungen in einem besonderen Abschnitt zusammengefaßt und behandelt werden.

Wie bereits bemerkt, wird heute zur Anfertigung von Retorten für die Vergasung fester Brennstoffe nur noch Thon verwendet, und zwar in der Form von Schamotte, das ist eine Komposition von bereits gebrannten, linsengroßen Thonscherben und einem feuerfesten Thon, der als Bindemittel dient. Zur Erläuterung des Begriffes der Feuerbeständigkeit des Thones, welche für das gesamte Heizungswesen, insbesondere den Ofen- und Retortenbau in der Gastechnik, Bedeutung besitzt, läßt sich das folgende sagen. Jeder Thon kann durch geeignete Heizvorrichtungen geschmolzen, bezw. zusammengesintert werden, sofern die Temperatur eine genügend hohe ist. Absolut feuerfesten Thon gibt es demnach nicht, und ist es nur der Grad der Feuerbeständigkeit, welcher in dieser Hinsicht den einen Thon gegenüber einem anderen auszeichnet. Schlechtweg bezeichnet man solche Thone als feuerfest, welche den höchsten Temperaturen eines bestimmten Ofensystems widerstehen; daher richtet sich der Begriff der Feuerbeständigkeit ganz nach der Höhe der Anforderungen.

Die ersten Retorten aus feuerfestem Thon baute man in England; allerdings weicht die Konstruktion derselben von derjenigen der Eisen- und unserer heutigen Schamotte-Retorten wesentlich ab; während die letztgenannten im großen und ganzen dieselbe Form und Größe besitzen, namentlich aber darin übereinstimmen, daß sie aus einem Stück hergestellt sind, hatte man die früheren Schamotteretorten aus einzelnen Formsteinen zusammengesetzt und gab denselben einen Umfang, welcher denjenigen der damals gebräuchlichen wie auch der heutigen Retorten um ein weites übertraf. So war Graftons Schamotteretorte bei einer Weite von 1,52 m, Höhe von 0,46 m und Länge von 2,13 m für eine Ladung von 7 Centner Gaskohlen bemessen, während die heutigen Retorten bloß 2 bis 3 Centner zu fassen vermögen. Gemauerte Retorten waren noch Mitte der sechziger Jahre in London im Gebrauch.

Als man dazu überging, die Schamotteretorten aus einem Stück zu fertigen, wählte man hierfür wieder kleinere Abmessungen, da die bisherigen Versuche hauptsächlich nur deshalb ungünstig ausgefallen waren, weil es nicht gelingen wollte, den Retorten aus Schamotte die erforderliche Festigkeit zu verleihen. Das Material ist geneigt, bei den durch Temperaturveränderungen

hervorgerufenen inneren Spannungen zu springen; namentlich konnte man diese Wahrnehmung beim Anheizen der Retortenöfen machen, und hat man auch deshalb die hierfür erforderliche Zeit oft unverhältnismäßig ausgedehnt.

Es sprach noch ein weiterer Umstand zu Ungunsten der Schamotteretorten. Man hatte nämlich die Erfahrung gemacht, daß der Graphitansatz im Innern dieser Retorten sich viel schwerer entfernen ließ, als aus den eisernen Retorten, ganz abgesehen davon, daß auch seine Menge eine größere war; letzteres erklärt sich aus der Anwendung der höheren Temperaturen, welche man jetzt den Retorten zu geben hatte, da ja die im Gas enthaltenen schweren Kohlenwasserstoffe durch die Hitze unter Abspaltung von Kohlenstoff zersetzt werden, nicht zum Vorteile der Beschaffenheit des Leuchtgases.

Die Versuche haben indessen nicht geruht, die Schamotteretorte zu vervollkommen; die Wohlfeilheit des Materials gegenüber dem Eisen war zu sehr in die Augen springend. Dem kam noch der Umstand zu Hilfe, daß man beobachtet haben wollte, daß sich der obenerwähnte Nachteil der Graphitbildung vermindern lasse, wenn man das in der erhitzten Retorte befindliche Gas vom Druck entlastet. Man erreichte dies durch die Saugapparate, in deren Anwendung man mit der Zeit noch so viele weitere Vorzüge kennen lernte, daß man in diesem Apparat bald nicht mehr ein bloßes Hilfsmittel zur Ausgleichung der Mängel erblickte, welche der Schamotteretorte anhafteten.

Im Laufe der Zeit wurden diese, wenigstens in der Steinkohlengas-Industrie, allein noch verwendet.

Aus theoretischen Gründen dürfte übrigens ein Zweifel geltend gemacht werden, ob durch die immerhin doch nur sehr mäßige Druckentlastung (kaum mehr als 1 Prozent) eine nennenswerte Verminderung des Graphitabsatzes an den Retortenwänden bewirkt werden könnte.

Im Hinblick auf die Wichtigkeit des Gegenstandes sei hier einiges über die Fabrikation der Thonretorten angegeben. Zur Herstellung von Schamotteretorten werden die gebrauchten Kapseln der Porzellanfabriken zu etwa linsengroßen Stücken verarbeitet; an deren Stelle bereitet man auch aus Thon besondere Stücke, die gebrannt und dann zerkleinert werden. — Der hiermit als Bindemittel gemengte Thon muß von der vorzüglichsten Beschaffenheit sein, plastisch und feuerfest. Das frisch gegrabene Material wird zu seiner Lockerung an der Luft gelagert.

Der zur Verwendung gelangende Thon wird mit Wasser zu einem steifen Brei angemacht, und trägt man in diesen die zerkleinerten Stücke bereits gebrannten Thons ein. Das Mischungsverhältnis ist, je nach den verschiedenen Thonsorten, ein veränderliches; es schwankt zwischen $1/2$ bis 3 Teilen kleinstückigen auf 1 Teil plastischen Thon. Nachdem die Mischung gehörig durcheinander gearbeitet ist, wird sie in dünnen Lagen ausgebreitet und zusammengestampft, um ihr eine dichte Beschaffenheit zu geben.

Das Formen der Retorte aus der so zubereiteten Schamottemasse geschieht lediglich durch Handarbeit. Es wird zunächst auf einer ebenen Grundfläche der Boden der Retorte gebildet und dieser sodann mit einem Formstück von etwa $1/2$ m Höhe umgeben. Den Innenwandungen dieser Form empor wird die Wandung der Retorte aufgebaut, indem das Schamottematerial allmählich aufgetragen und mit einem eigen geformten eisernen Hammer in

senkrechter Richtung und in der Richtung gegen die Form festgeschlagen wird. Die nach innen gekehrte Seite der Retorte muß sorgfältig geebnet werden. Wenn das erste Formstück ausgebaut ist, wird ein zweites von gleicher Höhe aufgesetzt und durch Riegel, welche sich an seiner Außenseite befinden, fest mit dem ersten verankert. Die oberste Form weicht von den vorangehenden dadurch ab, daß sie eine innere Ausbauchung trägt, welche der Verstärkung des Retortenrandes entspricht. Im ganzen werden zum Aufbau einer Retorte 6 bis 7 Formstücke notwendig sein. In dem Wulst der Retorte an deren oberem Ende wird, in senkrechter Richtung gegen den Boden, ein Kranz von Löchern eingebohrt, in welche später Schraubenbolzen eingekittet werden zur Festhaltung des Retortenkopfes.

Um die frisch geformte Retorte trocknen zu lassen, wird zunächst das oberste Formstück wieder abgehoben, in längeren Zwischenräumen dann alle anderen der Reihe nach. Erst nach einigen Wochen werden die Retorten gebrannt in besonders dazu gebauten Oefen. Der Brand dauert etwa eine Woche. Langsames Anheizen und ebensolches Erkaltenlassen ist ein Haupterfordernis für die Dauerhaftigkeit der Retorten bei deren späterer Verwendung.

Nachdem zuerst in England Gasretorten aus feuerfestem Thon in einem Stück dargestellt worden sind, thaten sich auch anderwärts hervorragende Fabriken auf, welche die Gasindustrie mit Retorten versorgen, und ist die Fabrikation dieses Artikels zu einem selbständigen Industriezweige geworden, da sie besondere Aufmerksamkeit und Fachkenntnis für sich in Anspruch nimmt. Von deutschen Firmen sind zu nennen: Kuhnitz in Saarau, F. S. Oest & Komp. in Saarau, Vygen & Komp. in Duisburg, Gesellschaft Eintracht in Oberhausen, March in Charlottenburg, Geith in Koburg, Didier in Podejuch bei Stettin, Margarethenhütte bei Bautzen in Sachsen.

Bezüglich der äußeren Gestalt der Gasretorten herrschten zu allen Zeiten der Gasindustrie innerhalb gewisser Grenzen die größten Verschiedenheiten; doch haben dieselben meist die lange gestreckte Form miteinander gemein gehabt. Auch heute finden sich in der Gasindustrie einige voneinander abweichende Formen.

Die allerersten Leuchtgasretorten waren cylindrische Gefäße von der Art eines Topfes, welche derart in einen Ofen eingemauert wurden, daß ihre verschließbare Oeffnung oben hervorragte. Die Beschickung mit Steinkohle sowie die Entnahme des Koks geschah von hier aus, zum mindesten war die letztere eine sehr beschwerliche. Man gelangte daher bald zu einer wagerechten Lage der Retorten, indem man gleichzeitig langgestreckte Formen wählte, um dem Vergasungsmaterial eine möglichst große Berührungsfläche mit den erhitzten Wandungen der Retorte zu bieten. Der letztere Punkt einerseits, wie andererseits die Ueberlegung, daß dem bei der trockenen Destillation gebildeten Gas kein allzugroßer Raum zum langen Verbleiben in der erhitzten Retorte zu gewähren sei, endlich die Bedingungen für die Festigkeit der Retorten bildeten für späterhin die Richtschnur im Hinblick auf die Form, welche man den Retorten zu geben beabsichtigte. An Stelle des anfänglich kreisrunden Querschnitts trat bald die ovale Form, bald die rechteckige, bald die eines liegenden D. Die Maße schwankten dabei zwischen den verschiedensten Verhältnissen. Nach einer Zusammenstellung sämtlicher in Europa gebräuchlicher Retortenformen, welche im Jahre 1861 von der gutbekannten Thon-

retortenfabrik Th. Baucher in St. Ghislain (Belgien) veröffentlicht worden ist, waren die Größenverhältnisse die folgenden: Länge 1,76 bis 2,55 m, Weite 0,45 bis 0,64 m, Höhe 0,30 bis 0,36 m.

Den Bestrebungen des Vereins von Gasfachmännern Deutschlands ist es zu verdanken, daß in Verbindung desselben mit den Retortenfabrikanten eine Einigung zu stande kam, wonach die auf Fig. 1 bis 8, Taf. 9, schematisch dargestellten Retortenformen mit den eingeschriebenen Größenverhältnissen zur Annahme gelangten. Man entschied sich also im allgemeinen zu gunsten der ovalen und der ⌓-Formen. In ersterer erblickt man einen Vorteil darin, daß solche Retorten eine höhere Festigkeit besitzen und daß sie leichter von angesetztem Graphit sich reinigen lassen; die letztere ermöglicht, die Kohlen in gleichmäßig hoher Schicht auszubreiten und dadurch die Einwirkung der Hitze auf die ganze Masse gleich zu gestalten.

Die Thonretorten werden derart in den Ofen eingemauert, daß ihr offenes Ende mit der Frontmauer des Ofens abschneidet. An diesem Ende tragen die Retorten eine kranzartige Verstärkung, in welcher in der Längsrichtung der Retorte schon bei deren Herstellung starke Schraubenbolzen mit Tförmigem Fuße eingelassen worden sind, um die Verbindung mit dem Retortenkopfe bewerkstelligen zu können. Fig. 9, Taf. 9, zeigt diesen Teil der Retorte mit dem angesetzten Kopf.

Der Retortenkopf bildet, wie aus obigem hervorgeht, einen besonderen Teil für sich; er findet sich sowohl bei den Eisen- als auch bei den Thonretorten. Stets ist er aus Gußeisen hergestellt. In der Form seines Querschnittes schließt er sich derjenigen des Retortenkörpers, dessen Verlängerung er bildet, genau an. Sein Zweck ist, sämtliche Montierungen zu tragen, welche an der Retorte selbst nicht wohl angebracht werden können, weil diese durch das Feuer allmählich zerstört und daher öfter ausgewechselt werden muß. Namentlich befinden sich am Retortenkopf der Deckel mit Verschlußeinrichtung zum Beschicken und Entladen der Retorte, sowie ein seitlich abführender Röhrenhals, an welchen die Leitung angeschlossen wird, welche die Destillationsprodukte nach Verlassen der Retorte weiter führt (Steigröhre). Zu seiner Befestigung auf der Verstärkung der Retorte ist der Kopf mit einem entsprechenden Rande mit Löchern versehen, durch welche die Bolzen der Retorte hindurchgehen, an dem hervorragenden Ende mittels Schraubenmuttern festgezogen werden können.

Zwischen die Ränder der Retorte und deren Kopf wird ein Bindemittel gebracht, welches durch die verschiedensten Mischungen erhalten werden kann. Derartige Kitte, welche auch zum Ausbessern zersprungener Retorten Verwendung finden, bestehen der Hauptsache nach aus Gemengen von Gips, Eisenfeilspänen und Salmiak, welche Bestandteile mit Wasser zu einem Brei angerührt werden. Capitaine empfiehlt zu demselben Zwecke einen vorzüglichen Kitt, den man erhält, indem man magere Thonsorten (Chinaclay) mit der Lösung von etwa einem Zehntel der Gewichtsmenge Aetznatron oder einem Fünftel kalcinierter Soda vermischt. Mit dieser Mischung ist der als Scaly scher Kitt bezeichnete im wesentlichen identisch. Einer der hauptsächlichsten Vorzüge dieses Mittels liegt darin, daß es auf Vorrat zubereitet werden kann, indem es bei der Aufbewahrung nicht erhärtet noch unbrauchbar wird.

Der Deckel der Retorte ist, wie Fig. 10 u. 11, Taf. 9, zeigt, auf seiner inneren Seite mit einem vorspringenden Kranze versehen, welcher sich in den Querschnitt des Retortenkopfes einpaßt. Die Vorderseite kann durch Rippen verstärkt sein. Deckel der gezeichneten Konstruktion erheischen zwecks luftdichten Anliegens am Retortenkopf stets eines plastischen Kittes, den man in die Fugen einstreicht, oder der Einlage einen Asbestringes, welchen man um den Kranz legt.

Die Zahl und Art der Konstruktionen, welche den **Verschluß** der Retorte bezwecken sollen, ist eine mannigfaltige. Eine der ältesten und einfachsten Formen stellt Fig. 12, Taf. 9, dar (nach Bolleys „Beleuchtungswesen"). Hier wird der lose Deckel mittels einer Schraube gegen den Retortenmund gepreßt. Nach dem Lösen der Schraube ruht der Deckel zunächst mit seinen seitlichen Vorsprüngen auf den beiden Balken b. Diese sind durch an den Retortenkopf angegossene Oesen a hindurch gesteckt, das auf der anderen Seite hervortretende Ende wird dann von einem Keil festgehalten, welcher wieder durch eine Oese des Balkens hindurchgeht, so daß also der ganze Verschlußapparat jederzeit von der Retorte entfernt werden kann. Quer über die beiden Balken liegt der Bügel c; er ist am Ende des einen Balkens mittels einer Schraube drehbar angeordnet, am Ende des anderen Balkens legt er sich in eine daselbst eingeschnittene Vertiefung ein. In der Mitte des Bügels befindet sich ein Muttergewinde für die Schraube d, durch welche der Deckel gegen die Retorte festgehalten wird.

Eine ähnliche Einrichtung wird durch Fig. 13 u. 14, Taf. 9, veranschaulicht durch die Ansichten des Retortenkopfes von oben und von der Seite. Hier wird der Verschluß an Stelle der Schraube durch einen Hebel d bewirkt, der in der Mitte des Bügels c mit diesem fest verbunden ist, in der Achse des letzteren indessen gedreht werden kann, da der Bügel frei in den hakenförmigen Enden der Balken b ruht. Bei gewöhnlicher Lage drückt der Hebel mit seinem kurzen Arme, der in ein abgerundetes Knie endigt, gegen den Retortendeckel; dieser wird gelöst, wenn man den langen Hebelarm emporhebt. Man kann denselben dann auch mit dem Bügel aus den Haken, in welchen der letztere ruht, leicht herausnehmen.

Verbesserungen an Retortenverschlüssen zielen namentlich dahin, den Deckel beim Oeffnen der Retorte nicht vollständig frei zu lassen, so daß er nicht jedesmal bei einer neuen Ladung abgenommen zu werden braucht; er bleibt vielmehr bei den neueren Konstruktionen in Verbindung mit dem Verschlußapparat und braucht mit diesem bloß auf die Seite gedreht zu werden, wenn eine Beschickung der Retorte mit Vergasungsmaterial erfolgen soll. Namentlich ist es das System Morton, welches in vielerlei Formen seiner Ausführung Verbreitung gefunden hat. Das wesentliche derselben soll an den beiden Konstruktionsweisen Fig. 15 u. 16, Taf. 9, gezeigt werden (Journ. für Gasb., 1882). Der gewölbte Deckel d sitzt mit seinen scharfen Kanten, welche genau abgedreht sind, ohne ein weiteres Dichtungsmaterial auf dem Rande des Retortenkopfes auf. Durch Verstärkungen auf seiner inneren hohlen Seite ist demselben Festigkeit verliehen gegen den Druck, der ihm durch den Verschluß erteilt wird. Der Deckel ist mit dem Bügel durch die angegossene Nase n und einen durch die letztere und den Bügel hindurchgehenden Zapfen derart verbunden, daß er noch eine geringe Bewegung auszuführen vermag zu Gunsten des genauen Anpassens auf den Retortenkopf.

Der Bügel ist auf seiner einen Seite mittels eines Scharniers mit dem Retortenkopfe verbunden. Zapfen e, um welchen er sich dreht, stellt einen Exzenter dar; er besitzt einen Hebel c, durch welchen man ihm eine Drehung erteilen kann, die bewirkt, daß der Bügel der Retorte genähert und damit gegen den Deckel gepreßt wird. Auf dem anderen Ende findet der Bügel ein Widerlager im Hebel a, welcher eine Oese zur Aufnahme des Bügels besitzt. In der Figur 15 ist dieser Hebel nochmals mit einem Scharnier und Exzenter e' ausgestattet, so daß auch auf dieser Seite der Deckel durch Druck auf den Hebel c' gegen den Retortenkopf gepreßt werden kann.

Man hat auch der Konstruktion die vereinfachte Form gegeben, daß man nur den einseitigen Hebelverschluß mit vereinigtem Exzenter und Oese zur Anwendung brachte, während der Bügel an seinem anderen Ende mit dem Retortenmundstück durch ein gewöhnliches Scharnier ohne Exzenter verbunden ist. Das Oeffnen der Retorte erfolgt dann in der Weise, daß man den Hebel (bei der oben besprochenen Figur c) zurückschlägt, die jetzt locker gewordene Oese a über den Bügel hinwegzieht und nun den Deckel wie eine gewöhnliche Thür aufmacht.

Weitere Vervollkommnungen des Retortenverschlusses haben bequemeres Oeffnen des Deckels zum Gegenstand. Man gelangte insbesondere zu Konstruktionen, welche es erlaubten, das Loslösen und Oeffnen des Deckels in einen Griff zu vereinigen. Ein derartiger Verschluß nach Kurtz ist durch Fig. 17, Taf. 9, dargestellt. Bügel b ist mit Deckel d auf die bereits beschriebene Weise verbunden. Er erhält einen Druck gegen den Deckel durch Schraube s; diese steckt in einem Muttergewinde des um den Zapfen z (welcher in dem Bügel steckt) drehbar angeordneten Hakens r u. Die aufgedrehte Schraube kann also durch eine solche seitliche Bewegung über den Bügel hinweggeschoben werden; gleichzeitig wird dabei der untere Teil des Hakens r u, welcher bis dahin mit einem Einschnitte sich über den festen Stift l gelagert hatte, freigegeben, und ist damit der Verschluß des Deckels mit der Retorte gelöst; der Deckel kann nun, ohne daß der Griff gewechselt zu werden braucht, geöffnet werden.

Für die Betriebsarbeiten ist es von wesentlichem Belang, das Einfüllen der Gaskohle in die Retorten und das Herausziehen des festen Vergasungsrückstandes, des Koks, in möglichst rationeller Weise zu bewerkstelligen. Einmal soll an Arbeitskräften gespart werden, dann soll die im höchsten Grad anstrengende Arbeit vor den geöffneten glühenden Retorten erleichtert werden, und schließlich soll dieselbe, zur Vermeidung von Wärmeverlusten, möglichst rasch von statten gehen. Durch zweckmäßige Konstruktionen von Apparaten und besondere Formen der Retorten selbst hat man die Menschenarbeit bis zu einem gewissen Grade vorteilhaft durch mechanische Arbeit zu ersetzen vermocht, und da heute schon recht gute Erfolge der in dieser Richtung angestrengten Verbesserungen eingetreten sind, so soll denselben ein orientierender Abschnitt hier gewidmet werden.

Insbesondere setzt das Einfüllen der Kohle in die gewöhnlichen Retorten, das „Laden“ derselben, eine gewisse Geschicklichkeit des Arbeiters voraus. Die Ladung muß so zu liegen kommen, daß die Retorte nicht völlig, sondern nur bis zu einer gewissen Höhe — etwa $^2/_3$ derselben — doch auf ihre ganze Länge, gleichmäßig beschickt ist. Einfacher gestaltet sich das Heraus-

ergreifen die letzteren — 3 oder 4 an Zahl — die Mulde mittels Stangen und tragen sie auf denselben wie auf einer Bahre nach der Retorte, in welche sie eingeschoben wird. Die Mulde wird nun umgekippt und herausgezogen; die Ladung breitet sich dabei gleichmäßig in der Retorte aus.

Der Wiener Ladewagen, Fig. 16, Taf. 7, ist als eine einfachste Lademaschine zu betrachten, in welcher die Mulde M zuerst der Erklärung bedarf. Sie gleicht im Prinzip der Runge-Bertrandschen Lademulde, welche das Charakteristische besitzt, daß der Boden mit den Seitenwänden nicht fest verbunden ist, sondern sich unter denselben verschieben läßt. Die Seitenwände werden durch Bügel b zusammengehalten, sie laufen nach vorn etwas auseinander, so daß sie einen konischen Raum zwischen sich einschließen. Der Muldenboden ruht nun auf zwei Rollen r, welche in einem Rahmen N sich bewegen. Ist nun die Mulde mit Kohle gefüllt und so an die Retorte geführt, daß ihr Schnabel s in die Retorte eindringt und der Anschlag d sich gegen den Rand des Retortenkopfes legt, so wird sie an der Handhabe h ergriffen und in die Retorte eingeschoben. Der Boden macht jedoch diese Bewegung nicht mit, da er durch den Anschlag d festgehalten wird; die Mulde schiebt ohne ihn den zwischen ihren Seitenwänden eingeschlossenen Kohlenstrang in die Retorte hinein. Beim Herausziehen der Mulde bleibt die Ladung in der Retorte liegen.

Diese Lademulde ist nun beim Wiener Ladewagen auf einem fahrbaren Gestell a montiert, welches durch aufzusetzende Streben b und c erhöht werden kann, entsprechend den für die Lage der Mulde erforderlichen Höhen I, II und III. — Zur Bedienung des Ladewagens sind nur zwei Arbeiter erforderlich, welche die Mulde im Kohlenschuppen füllen und den Wagen vor die Retorte führen. Hat er dort die bereits bezeichnete Stellung eingenommen, so wird er dadurch in seiner Lage, insbesondere gegen das Rückwärtsgehen, festgehalten, daß man den Hemmschuh l herunterläßt.

Eine Lademaschine nach Konstruktion der „Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft" sei an der Hand der Zeichnung Fig. 17 u. 18, Taf. 7, beschrieben. Dieselbe entnimmt ihren Vorrat zur Füllung von 10 bis 15 Retorten auf einmal, aus einem hochgelegenen, mittels Paternosterwerkes mit Kohlen von geeigneter Nußgröße beschickten Reservoir. Der Vorratstrichter ist mit V bezeichnet. Aus ihm wird durch Bethätigung des Handrades n vor Beginn des Ladens mittels Flügelwerkes die darunter liegende Mulde jedesmal gefüllt. Lademulde L ist auch hier die des Systems Runge-Bertrand; ihre Vor- und Rückwärtsbewegung wird jedoch nicht direkt mittels Hand, sondern durch Drehen an dem Kurbelschwungrad C bewerkstelligt. Letzteres überträgt die Bewegung mittels Gelenkkette g auf das Rad r und fernerhin auf die auf der nämlichen Achse sitzende Rolle a' bezw. Rolle a, zwischen welchen beiden letzteren die Zugkette z läuft. An dieser ist nun die Handhabe h der Mulde befestigt, letztere wird vor- oder zurückgeführt, je nach der Umdrehungsrichtung des Kurbelrades C. Die für verschiedene Retortenreihen erforderlichen Höhenlagen erhält die Mulde durch Drehen an dem Kurbelrade m, indem sie mittels Zugkette o gehoben und gesenkt werden kann; als Gegengewicht dienen die an den Ketten p aufgehängten Belastungen q.

Der ganze Apparat ruht nun auf den auf Schienen rollenden Rädern w; die Fortbewegung erfolgt durch Drehen des Kurbelrades s, welches mittels Gelenkkette t die Bewegung auf w überträgt. Zur Bedienung der Maschine

ist nur ein Mann erforderlich, der die Mulde aus dem Vorratsbehälter zu füllen, sie auf die richtige Höhe einzustellen, den Wagen vor die Retorte zu schieben, das Ein- und Ausfahren der Lademulde zu besorgen hat. Durchschnittlich dürfte für all diese Arbeiten zusammen für eine Retorte zu füllen ein Zeitaufwand von $1^1/_2$ Minuten erforderlich sein.

Eine Ziehmaschine (Ziehwagen) der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft ist Fig. 19, Taf. 7, dargestellt. Während das Entfernen des Koks aus den Retorten sonst durch Herausziehen mittels eines mit freier Hand dirigierten langen Hakens geschieht, bietet die abgebildete Vorrichtung den Vorzug, daß das Anheben und Niederlegen des Hakens in Wegfall gerät und daß das Gewicht desselben durch Stützung getragen wird. Rolle r, welche als Unterlage für den Ziehhaken z dient, hängt an der Kette k, welche am anderen Ende die Ringe I, II, III besitzt. Durch Einhängen derselben in einen Haken wird der Rolle und damit dem Ziehhaken die für 3 Retortenreihen erforderliche Höhenlage gegeben. — Das Ganze ruht auf einem auf Schienen rollenden Wagen, wie die vorbeschriebene Lademaschine, zu welcher der Apparat eine Ergänzung bildet.

Aufsteigrohr und Vorlage.

Die Weiterleitung der flüchtigen Destillationsprodukte aus der Retorte erfolgt durch je ein Aufsteigrohr, das an den Stutzen des Retortenkopfes angesetzt ist und in der Vorlage endigt, welch letztere auf dem Retortenofen Aufstellung findet. Diesen beiden hier genannten Apparatteilen fällt bereits die Aufgabe zu, eine erstmalige Reinigung des Rohgases zu bewirken. Indem dieses die Aufsteigröhre und Vorlage passiert, kühlt es sich bedeutend ab und entlädt sich eines großen Teils seiner kondensierbaren Dämpfe. Hochsiedende Anteile werden schon an den Wandungen der Aufsteigröhre niedergeschlagen; die Hauptmenge aber sowie auch zum Teil niedriger siedende Produkte sammeln sich in der Vorlage. Diese letztere verfolgt gleichzeitig den Zweck, als selbstthätige Verschlußvorrichtung zu wirken, um das Gas zu verhindern, beim Oeffnen der Retorte durch die Aufsteigröhre zurück- und auszutreten. Zu dem Ende ist letztere derart in die Vorlage eingeführt, daß sie von oben her in einem Bogen durch den Deckel der Vorlage hindurchtritt und nur im Innern dieses Apparates unter Wasser (ursprünglich) ausmündet. Man bezeichnet wegen dieses Wasserverschlusses die Vorlage auch als Hydraulik. Das Wasser wird später durch den sich bildenden Teer ersetzt. Fig. 18, Taf. 9, stellt die Verbindung von Aufsteigröhre mit Vorlage dar. Beide können als Bestandteile des Retortenofens betrachtet werden, da sie, abgesehen von versuchsweisen anderen Anordnungen, in der hier beschriebenen Weise stets mit demselben verbunden sind.

Für die Konstruktionsweise der genannten Apparatteile ist in erster Linie der Umstand maßgebend, daß die sich hier verdichtenden Teile des Rohgases nach der Abkühlung fester oder flüssiger Natur sind. Die Aufsteigröhren vermögen sich zu verstopfen, der Inhalt der Vorlage kann eine so zähflüssige Beschaffenheit

annehmen, daß hierdurch ernstliche Betriebsstörungen nicht zu vermeiden sind, die namentlich auf dem erschwerten Durchgang der Gase durch den sich verdickenden Inhalt der Vorlage hindurch beruhen. Die Apparate müssen daher vor allem eine entsprechende Weite besitzen und sich auf einfache Weise reinigen lassen können. Die erwähnten Mißstände haben sich vergrößert, seitdem in der Gastechnik mit Einführung der Generatorheizung bei der trockenen Destillation höhere Temperaturen in Anwendung gebracht werden wie früher, da einesteils hierdurch schwerer flüchtige Produkte in vermehrter Menge gebildet werden, andererseits das aus den Retorten austretende Rohgas höhere Temperatur besitzt und daher nieder siedende Kondensationsprodukte, welche die gesamte Teerabscheidung flüssiger halten würden, zunächst nicht abgibt. Auch die Art der Kohlensorte, welche vergast werden soll, ist von bedeutendem Einfluß auf die Bildung dicken Teers; namentlich sind es die englischen und westfälischen Kohlen, welche zu den erwähnten Uebelständen führen.

Die Aufsteigröhren besitzen durchgehends runden Querschnitt und sind in Gußeisen oder Eisenblech ausgeführt. Den schmiedeeisernen Röhren wird nachgerühmt, daß sie sich wegen ihrer glatten Innenwandungen leichter von den verstopfenden Ansätzen reinigen lassen; ein weiterer Vorzug derselben besteht darin, daß sie den durch die Temperaturschwankungen des Ofens bedingten Verschiebungen gegenüber leichter nachzugeben vermögen, wie die gußeisernen Röhren. Es werden hierdurch insbesondere die zusammengekitteten Verbindungsstellen länger gasdicht erhalten, als dies bei gußeisernen Röhren der Fall ist.

Die lichte Weite der Röhren beträgt 15 bis 20 cm. Die Verbindung des Aufsteigrohres mit der Retorte geschieht in der Weise, daß das untere Ende des Rohres in den mit Muffe versehenen Ansatz des Retortenkopfes mittels eines Kittes eingedichtet wird.

Die Reinigung des Rohres kann von dessen oberem Ende aus geschehen, welches zu diesem Zwecke mit einem Verschluß, dessen Konstruktion in verschiedener Weise zur Ausführung gebracht wird, versehen ist. Fig. 18, Taf. 9, zeigt einen einfachen Bügelverschluß (nach Polleys „Beleuchtungswesen") mit Schraube; der Bügel a faßt mit seinen hakenförmigen Enden unter den Rand am Ende der Röhren S und V, auf welchen je ein Deckel aufliegt. Auch das Sattelstück T, welches die beiden Teile des Rohres miteinander verbindet, ist hier mit besonderen Reinigungsöffnungen versehen, welche durch gleiche Deckel b, wie die oben beschriebenen, verschlossen werden. Von einer besonderen Einrichtung zur Reinigung des Sattelrohres wird indessen in der Regel abgesehen. Man ordnet vielmehr das letztere lieber in einer Weise an, daß die Reinigung von den senkrechten Röhren aus gestattet ist, oder läßt überhaupt das Sattelstück ganz fallen, indem man das auf- und absteigende Rohr zu einem Winkel zusammenlegt, wie aus Fig. 19, Taf. 9 (A), zu ersehen. Im Scheitel des Winkels ist dann eine für die beiden Röhren gemeinsame Reinigungsöffnung mit Deckel angelegt.

Die Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik hat nach Liegels Angaben einen Verschluß für Steigrohre (gleicher Konstruktion auch für Generatoren und Retortenköpfe) konstruiert, welcher durch Fig. 20 u. 21, Taf. 9, dargestellt wird (Journ. f. Gasb. 1882). Das Knierohr besitzt auch hier in seinem Scheitel eine Oeffnung, welche die Reinigung beider Rohrschenkel gestattet. Der Deckel d ist am Bügel b mittels einer Nase und eines Zapfens befestigt,

so daß ihm eine geringe Beweglichkeit gestattet ist, um sich auf den Rand der Oeffnung des Steigrohres genau auflegen zu können. Der Bügel ist an einem Ende mit dem Steigrohr durch Scharnier e verbunden; am anderen Ende befindet sich gleichfalls ein Scharnier, e', in welchem der Winkelhebel h drehbar angeordnet ist. Letzterer besteht aus einem längeren Hebelarm zum Anfassen und einem kürzeren, hakenförmigen, welcher bei niedergedrücktem Hebel in den bei n angebrachten festen Zapfen eingreift. Die Lage von Zapfen und Hebel ist gegenseitig eine solche, daß diese Teile als ein Exzenter wirken, dasselbe Prinzip, welches sich in dem Mortonschen Retortenverschluß ausgedrückt findet.

Die Vorlage. In der Regel findet die Vorlage (Hydraulik) Aufstellung oben auf dem Retortenofen. Ausnahmsweise hat man dieselbe auch auf einem besonderen Säulengerüst plaziert, das mit dem Ofen keine Verbindung hatte.

In den meisten Fällen ist eine Vorlage gemeinschaftlich für sämtliche Retorten einer Ofenreihe; sie setzt sich dann ununterbrochen der ganzen Breite der Oefen nach fort (vergl. Fig. 1, Taf. 2), indem sie die einzelnen von den Retorten aufsteigenden Röhren aufnimmt. Die Vorlage selbst stellt ein allseitig geschlossenes Rohr dar von rundem Querschnitt oder einen Trog von ▽-Form; letzterer Gestalt gibt man den Vorzug, weil der flache aufgeschraubte Deckel ein Abnehmen behufs der Reinigung leichter zuläßt. Die Lage der Hydraulik muß die genau wagerechte sein, so daß die einmündenden Aufsteigrohre auch an beiden Enden gleich tief unter den Flüssigkeitsspiegel eintauchen. Die gasförmigen Produkte ziehen aus einem Rohre, welches in die Decke der Vorlage einmündet, nach den weiteren Reinigungsapparaten ab. Vom unteren Teil der Vorlage führt ein anderes Rohr den Teer nach einem besonderen Sammelbehälter, der Teercisterne; diese Leitung endigt dort unter der Flüssigkeitsoberfläche, so daß also ein Entweichen von Gas durch dieselbe nicht stattfinden kann.

In dem Maße, wie sich also Teer aus dem Gas in der Vorlage abscheidet, findet aus letzterer Abfluß statt nach der Teercisterne, und es erhält sich der Flüssigkeitsspiegel auf immer derselben Höhe.

Es empfiehlt sich, die Vorlage recht geräumig zu machen, weil dieser Apparat, ebenso wie die Aufsteigröhren, durch die Destillationsprodukte verstopft werden kann. Der Teer nimmt mit der Zeit eine zähflüssige Beschaffenheit an, indem die leichter siedenden Anteile desselben, welche die ganze Masse in Lösung hielten, allmählich verdunsten und durch den Gasstrom weiter getragen werden. Man hat auch schon gefunden, daß sich in der Vorlage eine große Menge des Kittmaterials angesammelt fand, womit die Flantschen des Apparates oder die Stellen, an welchen in den letzteren die Aufsteigröhren einmünden, abgedichtet waren. Für diese Fälle wird es oft erwünscht sein, die Vorlage während des Betriebes, d. h. ohne die Gaserzeugung unterbrechen zu müssen, einer Reinigung unterziehen zu können. Konstruktionen, wie diese durch Fig. 18, 19 (B), 20 und 24, Taf. 9, bezeichnet werden, gestatten ein Hantieren im Innern der Vorlage mittels geeigneter Werkzeuge, indem man diese durch die verschließbaren Reinigungsöffnungen des Sattels der Aufsteigröhren hindurch einführt. Bequemer kann jedoch die Reinigung bei der Vorlage Fig. 22, Taf. 9, erfolgen. Hier ist, wie der Querschnitt der Vorlage andeutet, diese letztere der ganzen Länge

nach durch eine in die Sperrflüssigkeit eintauchende Querwand in zwei Räume geteilt; der eine, a, dem Querschnitte nach größere, dient dem Gase zum Durchgang; der kleinere, b, ist nach oben durch Deckel c verschlossen, der nur lose aufzusitzen braucht; von hier aus kann die Vorlage im Innern nachgesehen und leicht gereinigt werden.

Die innere Einrichtung einer Vorlage ist aus Fig. 23, Taf. 9 (Journ. f. Gasb. 1886) der Längsrichtung nach zu ersehen; Fig. 18, 19, 22 und 24 lassen die Querschnitte verschiedener Konstruktionen erkennen. Zu Anfang befindet sich in der Vorlage Wasser, welches bis zur Höhe des Teer-Abflußrohres reicht, in dieses tauchen die Aufsteigröhren ein, welche das Gas zu der Vorlage führen. Das Gas hat demnach hier einen Druck zu überwinden, welcher durch die Höhe der Flüssigkeitssäule, die von den Röhren abgegrenzt wird, bestimmt ist. Dieser Druck, welcher sich auf die ganze Retorte zurückpflanzt, ist von gewissem Nachteil für die Leuchtgasproduktion. Er bedingt zunächst einen unmittelbaren Verlust an Gas, indem er dieses in erhöhtem Maße veranlaßt, durch Risse der Retorten und Fugen des ganzen Apparates bis zur Vorlage hin auszutreten. Aber auch die Beschaffenheit des Leuchtgases soll beeinträchtigt werden, sobald die trockene Destillation bei einem wenn auch nur wenig höheren Druck erfolgt, und will man ebendaher rührenden vermehrten Absatz von Graphit in den Retorten bemerkt haben. Nachdem nun mit Einführung des Exhaustorbetriebes der Druck in den Apparaten aufs äußerste herabgemindert werden kann, wollen doch noch einige Gasfachmänner ein Bedenken darin erblicken, daß durch den hydraulischen Verschluß geringe Schwankungen des Druckes fortwährend hervorgerufen werden, sobald nämlich aus dem unter den Flüssigkeitsspiegel tauchenden Aufsteigrohr eine Gasblase austritt, womit jedesmal eine plötzliche Druckentlastung innerhalb der Retorte erfolgt; von da ab folgt wieder eine Periode des langsamen Absteigens des Druckes, bis zum Austreten der nächsten Gasblase.

Wir können diese Anschauung wegen der immerhin doch nur geringen Druckvermehrung nur als fraglich, schwer zu beweisend ansehen.

Diesem veränderlichen Druck schreibt Lux noch insbesondere leichtes Verstopfen bezw. Verengerung der Aufsteigröhre zu. Indem der feinverteilte Kohlenstoff durch Ueberhitzung der schweren Kohlenwasserstoffdämpfe im Gase ausgeschieden wird, lagert er sich bekanntlich größtenteils an den Retortenwänden sehr bald ab. Vermutlich wird ein Teil davon auch einige Zeit schwebend in dem Gas getragen. Da letzteres nun bei der gezeigten jedesmaligen plötzlichen Druckvermehrung sich ruckweise nur etwas ausdehnt, so soll es dadurch in der Lage sein, die Kohlenstoffpartikelchen auch in die Aufsteigröhre hinein, selbst bis in die Vorlage, zu tragen und daselbst abzulagern; insbesondere solle der Teer in letzterer dadurch verdickt werden. (?)

Wie weit diese Gesichtspunkte thatsächlich zutreffen, mag hier dahingestellt bleiben. Die an sich zähe Beschaffenheit des Teers in der Vorlage läßt es als wünschenswert erscheinen, dem Gas während der eigentlichen Betriebszeit, der Periode seiner Destillation, einen freieren Durchgang zu gestatten. Man hat daher Konstruktionen ersonnen, die darauf hinzielen, entweder ein zeitweiliges Aufheben des hydraulischen Verschlusses in der Vorlage zu ermöglichen, oder die von einem Wasserverschluß gänzlich absehen und einer anderen Art von Abschluß Raum gegeben haben.

Die zahlreichen Einrichtungen zur zeitweiligen Aufhebung des Wasserverschlusses oder anderer, demselben Zwecke dienender Konstruktionen der Vorlage, welche im Laufe der Zeit geschaffen worden sind, hat Lux nach den Prinzipien, auf welchen sie beruhen, in den folgenden übersichtlichen Gruppen zusammengefaßt (die eingeklammerten Namen bezeichnen die Konstrukteure).

I. Klasse. Eine Tauchung findet überhaupt nicht statt, und es werden die Steigrohre während der Beschickung der Retorten durch Drosselklappe, Schieber oder hydraulischen Verschluß abgesperrt (Box, Porri & Leigh, M. A. Balon).

II. Klasse. Die Sperrflüssigkeit wird gehoben und gesenkt.

A. Die ganze Sperrflüssigkeit:

a) durch Senken und Heben eines Tauchkörpers oder Tauchkolbens (Thiem, Smith, Dessirier);
b) vermittelst zweier Abflußrohre, welche in verschiedener Höhe angebracht sind und deren tiefer gelegenes abgesperrt werden kann, oder vermittelst eines tiefliegenden absperrbaren Abflußrohres (M. Ilhenny, Brémond);
c) durch Heben und Senken des Abflußrohres (Key);
d) durch den eigenen Druck des sich entwickelnden Gases (de Liefde);
e) durch Anwendung von gespannten Gasen oder Dämpfen in Nebenkammern (West).

B. Nur ein Teil der Flüssigkeit, und zwar vermittelst einer Tauchschale oder Tasse (Thomas & Cassal, Lindner).

III. Klasse. Das Tauchrohr wird gehoben und gesenkt.

A. Das ganze Rohr:

a) automatisch (Chandler & Stevenson);
b) nicht automatisch (Chandler & Stevenson).

B. Nur ein Rohransatz; hierbei geht das bewegende Gestänge:

a) durch das Tauchrohr selbst (Thomas & Cassal, Boyd, Förster);
b) durch die Decke der Vorlage (Förster).

IV. Klasse. Es werden Umgänge geschaffen:

A. Automatisch wirkende:

a) mit hydraulischem Verschluß (Hawkins);
b) mit Klappenventil oder Schieberverschluß (Livesey).

B. Nicht automatisch wirkende:

a) vermittelst eines zweiten absperrbaren Rohres (Gibb);
b) durch am Tauchrohr angebrachte seitliche Ventile oder Verschlüsse (Merkens, Liegel);
c) durch Drehschieber, amerikanisches System (Urheber unbekannt).

V. Klasse. Es wird eine mit Scheidewand versehene Glocke gehoben und gesenkt (Alexander, Pfudel).

Besonders bewährt hat sich eine aus mehreren der oben gezeigten Prinzipien zusammengesetzte Konstruktion von Naumann. Diese Vorlage gestattet es nicht nur, die Tauchung während des Betriebes aufzuheben, sondern gleichzeitig eine völlige oder teilweise Abführung des Teers zu be-

werkstelligen, und zwar vom Boden der Vorlage aus, woselbst sich die dickeren Bestandteile der Kondensationsprodukte niedergesetzt haben. Die Konstruktion, Fig. 23, Taf. 9, ist dieselbe, welche bereits vorgeführt wurde, um einen Einblick in das Innere einer Vorlage zu gewähren. Der Querschnitt wird durch Fig. 24 veranschaulicht. Die eigentliche Vorlage, der Trog T, wird auch hier durch eine Einrichtung gekennzeichnet, deren Prinzip schon in Fig. 22, Taf. 9, sich findet, die Teilung des inneren Raumes durch eine Scheidewand in zwei Hälften (vergl. S. 155 u.), so daß eine mechanische Reinigung der Vorlage von außen her jederzeit leicht erfolgen kann. Der Apparat kann durch Rohr r mit Sperrflüssigkeit versehen werden; als solche wird am besten Gaswasser verwendet, welches einem besonderen Sammelbehälter entnommen wird. Die Vorlage füllt sich damit bis zu einer gewissen Höhe, welche bestimmt wird durch die Höhe des Ueberlaufrohres u, sie kann also niemals überschritten werden, da bei fortschreitender Verdichtung flüssiger Destillationsprodukte der Ueberschuß der letzteren durch das Ueberlaufrohr stets abgeführt wird. Die einzelnen Steigröhren s tauchen dabei 25 bis 30 mm in die Flüssigkeit ein, so daß ein Zurücktreten von Gas in die Retorten nicht stattfinden kann. Eigenartig der Naumannschen Vorlage ist ein unter derselben gelegtes Teerableitungsrohr C, welches mit der Hydraulik durch die Rohrstücke c in Verbindung steht. Dieses wagerecht liegende Teerrohr mündet in das senkrechte Ableitungsrohr s ein; es kann aber gegen dieses abgeschlossen werden durch Ventil d und geschieht dies immer, sobald eine Retorte geöffnet und deshalb ein Verschluß der Aufsteigröhren hergestellt werden soll. Man hat dann nur nötig, durch r Gaswasser in die Vorlage einlaufen zu lassen, bis dieses dann den höchsten erreichbaren Stand einnimmt. Ist hingegen die Beschickung der Retorten mit Vergasungsmaterial beendigt, so läßt man aus der Hydraulik durch Oeffnen des Ventils d soviel Teer abfließen, daß der Spiegel des zurückbleibenden Inhalts 5 bis 8 mm unter der Mündung der Tauchrohre liegt. Man kann dies erkennen am Stand der Flüssigkeit in dem Ueberlaufrohr, da dieses nach oben frei ausmündet.

Trotz der vielen im Laufe der Zeit geschaffenen Systeme für zeitweilige Unterbrechung des Gasabschlusses in der Vorlage, welche im Auslande vielfältig zur Anwendung gekommen sind, läßt sich für Deutschland sagen, daß man bisher wenig Gebrauch von denselben gemacht hat. Der Wert dieser Einrichtungen wird von einigen unserer Gasfachmänner als nicht von so hoher Bedeutung erachtet, wie man denselben anderorts anzuschlagen pflegt.

Größere Aufmerksamkeit wendet man seit einigen Jahren dem Betriebe der Vorlage selbst zu. Man hat die Wahrnehmung gemacht, daß durch die Berührung des Gases mit dem abgekühlten Teer in der Vorlage und den übrigen Kondensationsanlagen das Gas in seiner Leuchtkraft erheblich geschädigt wird und die Ursache darin erkannt, daß die teerartigen Bestandteile schwere Kohlenwasserstoffe des Gases auflösen und sich damit sättigen. Dies gab sich auch dadurch zu erkennen, daß der in der Vorlage befindliche Teer mit der Zeit in sich verminderndem Grade einen Einfluß auf die Beschaffenheit des Leuchtgases ausübt.

Es ist klar, daß die Löslichkeit der Gase und der Dämpfe im Teer abhängig ist von der Temperatur des letzteren; sie nimmt ab mit steigender Temperatur des Lösungsmittels. Auch dieser Satz steht im Einklang mit der Erfahrung der Gastechnik; es folgt hieraus für die Praxis zunächst der

schluß, daß der Teer möglichst rasch innerhalb der Reinigungsapparate aus dem Gase abgeschieden werden muß, bevor die Abkühlung der Destillationsprodukte sehr weit vorgeschritten ist; mit anderen Worten, man hat darauf zu achten, daß die Bestandteile des Leuchtgases mit dem abzuscheidenden Teer nicht zu lange in Berührung bleiben.

Untersuchungen über die Einflüsse des Teers auf die Beschaffenheit des Leuchtgases wurden in umfassendem Maße von der Gasanstalt in St. Etienne ausgeführt.

Um zunächst die Verhältnisse festzustellen, nach welchen die Temperaturen des Teers zur Leuchtkraft des Gases in Beziehung stehen, leitete man Leuchtgas in einem gleichmäßigen Strome zu einem Brenner; das Gas mußte dabei einen Gasmesser passieren, um seiner Menge nach genau bestimmt werden zu können. In diesen Apparat hatte man schwere Teeröle gebracht, welchen man beliebige Temperaturen erteilen konnte, die jeweils bestimmt wurden. Der Vergleich zeigte nun die folgenden Verhältnisse zwischen der Temperatur des Teers und der Verminderung der Leuchtkraft des Gases:

Temperatur des Teers:	77°	70°	50°	44°	32°	18°
Verlust der Leuchtkraft:	33 %	44 %	56 %	66 %	75 %	87 %

Eine Abnahme der Leuchtkraft mit verminderter Temperatur des Teers geht hieraus deutlich hervor. In ähnlicher Weise wurde auch die schon obenerwähnte Thatsache auf dem Wege des Versuches bestätigt, daß der Teer bei fortgesetzter Berührung mit Gas seine Fähigkeit verliert, die lichtgebenden Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases zu absorbieren, in dem Maße nämlich, wie er sich damit gesättigt hat. Es wurde in zwei vergleichenden Reihen von Versuchen in den Gasmesser das eine Mal Teer aus der Vorlage gegeben, das andere Mal Teer, der sich in den Kondensatoren abgeschieden hatte. Die beiden Teersorten werden sich in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung namentlich dadurch unterscheiden, daß die erstere geringe Mengen der Bestandteile von niederem Siedepunkt enthält, wie die letztere, weil in der Vorlage die Temperatur eine höhere ist. Bei dem Versuch wurden jedoch beide Arten von Teer auf der nämlichen Temperatur von 18° C. erhalten, und es zeigte sich nun, daß der Teer aus der Vorlage 87 Prozent der Leuchtkraft des Gases zerstörte, der Teer aus den Kondensatoren nur 25 Proz. Auch ließ sich bei diesem Versuche wahrnehmen, wie bei längerem Hindurchleiten von Gas durch den Teer der letztere sich allmählich mit den lichtgebenden Bestandteilen des Leuchtgases sättigt und damit einen ferneren schädigenden Einfluß verliert.

Nach Servier empfiehlt es sich auf Grund der Erfahrungen und insbesondere der obenerwähnten Versuche, die Reinigung des Rohgases in der Weise zu leiten, daß man die kondensierbaren Bestandteile aus dem Gase womöglich so rasch abscheidet, als dieses noch verhältnismäßig warm ist; sowohl in der Vorlage als auch in den Kondensatoren hätte die Abscheidung in der Wärme zu erfolgen. Selbstverständlich darf die Temperatur nicht den Siedepunkt der einzelnen Bestandteile des Teers überschreiten; es genügt jedoch diese Temperatur nur ein weniges niederer werden zu lassen, um die Teerdämpfe zu verdichten; die Ansammlung der jetzt in dem Gase schwebenden Teernebel ist Sache der mechanischen Reinigung, und müssen hierzu besondere Vorkehrungen getroffen werden. (Näheres hierüber siehe unter dem Abschnitt über „Kondensatoren“.)

äußeren Anstrich des Kondensators, sowie von der Menge des Teeransatzes an seinen inneren Wandungen.

Nach den hinter die algebraischen Werte gesetzten Zahlen berechnet sich als ein Beispiel die Kühlfläche des Kondensators für eine Gasproduktion von 1000 cbm (deren Gewicht 27 kg betragen mag) zu

$$F = \frac{27 \times 2,7}{7} \, 2,3 \log 41 = 38 \text{ qm}.$$

Beträgt dagegen die Temperatur t der Außenluft nur 5°, so erhält man, unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen, für

$$F = \frac{27 \times 2,7}{7} \, 2,3 \log 5 = 16,7 \text{ qm};$$

hier wird also weniger als die Hälfte der Kondensations-Oberfläche erforderlich sein, um das Rohgas auf dieselbe Temperatur abzukühlen, wie im ersten Beispiel. Selbstverständlich wird man bei praktischen Anlagen nicht auf niedere, sondern auf höchste Außentemperatur Rücksicht nehmen.

Mittels ähnlicher Formeln hat Perissini auch die Größenverhältnisse für ringförmige Luftkondensatoren, sowie für solche mit Wasserkühlung berechnet; hierauf näher einzugehen würde jedoch zu weit führen und verweise ich auf die bezüglichen Angaben im Journ. f. Gasbel. 1880, S. 574 ff.

Ringförmiger Kondensator. Was die Konstruktion der ringförmigen Kondensatoren, d. h. derjenigen mit innerer und äußerer Luftkühlung betrifft, so muß vorausgeschickt werden, daß diese heute wohl in den Gasanstalten die größte Verbreitung besitzen. Einen solchen Apparat, nach Schilling, welcher sich in der Münchner Gasanstalt aufgestellt findet, zeigt Fig. 4 bis 6, Taf. 10 (Fig. 4 im Längsschnitt, Fig. 5 in der Ansicht und Fig. 6 in einem Querschnitt. Das äußere Rohr A ist auf dem Kasten C in gleicher Weise aufgesetzt, wie wir dies bei dem vorher beschriebenen Röhrenkondensator kennen gelernt haben; es unterscheidet sich bis dahin von den Röhren des letzteren nur durch seine größere Breitenausdehnung; sein Durchmesser beträgt 75 cm. Das Rohr ist aus Kesselblech zusammengenietet. Das im Innern desselben befindliche Rohr B geht mit seinem unteren Ende durch den Kasten, in welchem sich der Teer ansammelt, hindurch und mündet in die freie Luft, desgleichen oben; der Zwischenraum des inneren und äußeren Rohres ist hier jedoch durch einen brillenförmig ausgeschnittenen Deckel D abgeschlossen. Der atmosphärischen Luft ist also der freie Durchtritt durch das innere Rohr des Kondensators hindurch gestattet, sie vermag auch von hier aus abkühlend auf den Apparat zu wirken; indem sie sich dabei selbst erwärmt und ihr Volum vergrößert, wird sie von der äußeren kalten und daher spezifisch schwereren Luft in dem Rohre emporgehoben, es entsteht ein Zug, welcher beständig frische Luft von unten in das innere Kondensatorrohr eintreten läßt. Durch Verlängerung dieses Rohres über Dach kann der Zug noch um ein beträchtliches vermehrt werden.

Die Zuleitung des Rohgases nach dem doppelten Kühlrohre erfolgt an dem oberen Ende desselben, an welchem ein Hals a angebracht ist; es bewegt sich in dem Raume zwischen den beiden Röhren abwärts, also dem äußeren Luftstrom entgegengesetzt, gelangt in den Kasten C und wird nun von hier aus durch ein schräg aufwärtssteigendes Rohr b nach dem nächsten Kühler

geleitet, in welchem es oben wieder einmündet (entsprechend dem Teile a). Diese Verbindungsrohre sind aus Gußeisen gefertigt und besitzen einen Durchmesser von 20 cm; in ihnen wird das Gas selbstverständlich ebenfalls abgekühlt, sie wirken wie die einfachen Röhrenkondensatoren.

Der Teerabfluß aus dem Kasten C erfolgt durch die siphonartig gebogene Röhre r; der Teer kann hier beständig auslaufen in die Sammelrinne g, welche den einzelnen Kühlern gemeinsam ist; es wird indessen in dem Uförmigen Teile des Abflußrohres stets Teer zurückbleiben, welcher als ein hydraulischer Verschluß den Austritt des Gases verhindert. Der Sammelkasten C für den Teer kann zu seiner Reinigung durch Abnahme besonderer Deckel zu beiden Seiten geöffnet werden.

Kondensator mit Wasserkühlung. Wo bei den beschriebenen Kondensatoren die Kühlung im heißen Sommer nicht mehr in vollkommener Weise zu erreichen ist, müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, um entweder die Luft aus einem kühleren Raume herbeizuleiten, was ja durch die Zugwirkung der Röhrenkondensatoren zu erreichen ist; oder man muß zur Kühlung mit Wasser seine Zuflucht nehmen, indem man damit die Apparate äußerlich berieselt. In Gasanstalten mit großer Produktion wird in der That häufig eine Wasserkühlung zur Bedingung, und führte dies schon frühzeitig zur Konstruktion besonderer Kühlapparate, die am besten stehend oder liegend ganz von Wasser umgeben sind und welche nun für sich allein oder in Verbindung mit Luftkondensatoren zur Verwendung kommen.

Liegender Röhrenkondensator mit Wasserkühlung, Fig. 7, Taf. 10. Das Röhrensystem besteht aus parallel übereinanderliegenden zwei Röhren A und B, durch welche das Gas, durch C eintretend, in der Richtung der Pfeile seinen Weg nimmt. Nach der rechten Seite zu besitzen die Röhren in der Ansicht etwas Gefälle, so daß hier der abgeschiedene Teer zusammenfließt und durch das Rohrstück G abgelassen werden kann. An diesem Ende ist auch ein jedes Röhrenpaar gegenseitig durch den Sattel F in Verbindung gesetzt, während der Anschluß an das benachbarte Röhrenpaar durch das wagerecht liegende Rohr D hergestellt ist. Das Röhrensystem ruht nun, bis auf die Enden desselben mit den senkrechten Verbindungsröhren, in einem Kasten, der durch Wasser gespeist werden kann. Hier hat man es ganz in der Hand, die Kühlung durch stärkeren oder geringeren Wasserzufluß genau zu regeln. (Bolley, Beleuchtungswesen.)

Kondensatoren mit Wasserkühlung brauchen in weit geringeren Dimensionen gebaut zu werden, als die Luftkondensatoren. Diesen Vorzug verdanken sie der hohen spezifischen Wärme des Wassers, welche von allen Körpern die größte ist (sie wird bekanntlich als Einheit gesetzt). Während nämlich 1 kg Wasser bei der Erwärmung um 1° C. eine Wärmeeinheit aufnimmt, braucht hierzu 1 kg Luft nur 0,2377 Wärmeeinheiten oder beiläufig $^1/_4$, mit anderen Worten, sie wird durch dieselbe Wärme 4 mal so stark erhitzt, wie Wasser. Nun besitzt 1 kg Luft bei 0° ein Volumen von etwa 770 l; zur Erwärmung von 1 l Luft um 1° C. bedarf es daher nur $\frac{1}{4 \cdot 770} = \frac{1}{3080}$ Wärmeeinheiten; oder es werden, um diese Verhältnisse auf den Fall der Kondensation zu übertragen, 1 l Wasser dieselbe Wirkung bei der Kühlung ausüben wie 3080 l Luft, vorausgesetzt, daß beide dieselben Tem-

peraturen besitzen; oder auch, es muß 3080maliger Wechsel des Luftquantums stattfinden für Erzielung derselben Wirkung, wie bei einmaligem Wechseln des Wassers. In der warmen Jahreszeit steht Wasser zu Gebote von meist viel geringerer als Lufttemperatur; wo man über reichliche Mengen verfügt, wie aus Flußläufen, wird man Wasserkühlung immer mit Vorteil zur Anwendung bringen.

Mechanisch wirkender Kondensator. Eine dritte Art von Kondensations-Apparaten beruht, neben der Verdichtung der Dämpfe durch Abkühlung, vorwiegend auf der mechanischen Abscheidung der verdichteten Produkte, die als Nebel in dem Rohgase längere Zeit schwebend getragen werden, und sich bei der Bewegung desselben ohne weiteres Zuthun nur in längeren Leitungen ablagern. Die Teerabscheidung erfolgt hier also in der Weise, daß man das Rohgas durch Apparate von nur mäßigem Umfange hindurchleitet; auf seinem Wege trifft es auf eingeschaltete mechanische Widerstände, durchlöcherte Platten, gitterartige Stäbe 2c.; bei der vielfachen Berührung mit den letzteren scheidet das Rohgas den Teer ab.

Von den vielen dahin zielenden Konstruktionen verdient der Apparat von Servier der Erwähnung, welcher als eine Vervollkommnung der von Colladon sowie von Pelouze und Audocien gebauten Kondensatoren zu betrachten ist. Der Apparat wird durch Fig. 8 und 9, Taf. 10, dargestellt, er ist in etwa $^1/_7$ der natürlichen Größe gezeichnet. Er besteht aus einem geschlossenen Kasten, durch welchen das Gas in der Richtung der Pfeile hindurchtritt. Der verdichtete Teer füllt den Kasten etwa zur Hälfte an; er findet seinen Abfluß durch das Siphonrohr S, durch welches die Flüssigkeitsoberfläche stets auf gleicher Höhe erhalten wird. Der wirksame Teil des Apparates wird durch den Körper ABCD gebildet. Derselbe besteht aus senkrecht neben- und hintereinander angeordneten Stäben, die an ihren beiden Enden in je einer Platte eingelassen sind, wodurch sie gehalten werden. Die einzelnen Längsreihen der Stäbe sind derart hintereinander gesetzt, daß jeder Lücke der einen Reihe ein Stab der nächstfolgenden Reihe entspricht. Der beschriebene Körper, den man als einen Zaun bezeichnen kann, scheidet für gewöhnlich den Gasraum des Kastens in zwei Hälften a und b, das Gas muß zwischen den Stäben von dem einen Teil in den anderen hindurchtreten, es erfährt auf diesem Wege wiederholte Ablenkungen, stößt an den Stäben an und ladet dabei seine Teerdämpfe ab.

Der Zaun kann mittels einer Schraube R mit Handrad U innerhalb des Kastens gehoben und in die Flüssigkeit eingesenkt werden; die Abbildung stellt ihn im Zustand fast vollkommener Versenkung dar. Man hat es hierdurch in der Hand, den Zaun auch während des Betriebes mit Leichtigkeit zu reinigen. Wenn derselbe nämlich einige Zeit lang im Gebrauch gewesen ist, so werden sich die Stäbe durch Ansatz zähflüssiger teerartiger Bestandteile allmählich verdicken, der gesamte Querschnitt der Durchlaßöffnungen vermindert sich und es wird sich eine Steigerung des Druckes in dem Apparate geltend machen. Die Reinigung der Stäbe hat dann in der Weise zu erfolgen, daß man zunächst den Teer im Innern des Apparates durch heißes Wasser verdrängt, welches man durch die am oberen Teil des Kastens kenntliche verschließbare Oeffnung o eingießt; sodann wird der Zaun durch Einsenken in dem Wasser abgespült, so lange, bis er in den Gasraum des Apparates gebracht hier dem Gas wieder den nornalen Widerstand bietet,

welcher bei dem Kondensator beschriebener Konstruktion etwa 25 mm beträgt. Das Gas verläßt den Apparat mit einer Temperatur von 40 bis 50° C. Man erhält einen an Benzol ärmeren Teer, als bei Anwendung von Röhrenkondensatoren, was jedoch nur dem Gase zu gute kommen kann, da dieses durch höheren Benzolgehalt leuchtkräftiger wird.

Eine sinnreiche Verbesserung dieser Art von Apparate hat Fleischhauer in seinem „Gasstrahlwascher“ getroffen. An Stelle des Zaunes verwendet er eine aus siebartig durchbrochenen Blechwänden zusammengesetzte, auswechselbare Batterie, durch welche das Gas auf mannigfach gebrochenem Wege hindurchpassieren muß. Mit der Zeit werden auch hier sich die Durchgänge verlegen, und es wird eine entsprechende Druckvermehrung des Gases stattfinden; desgleichen, wenn die Produktion wächst. Dem ist nun zunächst dadurch abgeholfen, daß gerade durch diese Gasdruckvermehrung Wasser aus dem Batteriegefäß verdrängt wird nach einem umgebenden, mit ersterem korrespondierenden Gefäß von größerem Fassungsraum; der Flüssigkeitsspiegel wird sich also in letzterem etwas heben; von einer bestimmten Höhe an fließt Wasser aus einem Ueberlaufrohr ab. Durch die Verdrängung des Wassers aus dem Batteriegefäß ist aber hier eine weitere Fläche der Blechsiebe für den Durchgang des Gases freigegeben. Die Batterie selbst wird durch fortwährende Wasserberieselung möglichst rein gehalten, von Zeit zu Zeit wird sie mittels eines durch einen Hebel zu dirigierenden Räumschiebers gesäubert. — Ausführliche Beschreibung des Fleischhauerschen Gasstrahlwaschers mit Abbildung nebst Angabe der damit gemachten günstigen Betriebserfahrungen findet sich im „Journ. f. Gasbel.“, Jahrg. 1887.

Der Skrubber.

Nach dem Austritt aus den Kondensatoren führt das Rohgas noch eine Reihe von Verunreinigungen in sich, die nicht auf dem physikalischen Wege der Verdichtung, welchen Vorlage und Kondensatoren bewirkten, zu entfernen sind. Es handelt sich namentlich um die gasförmigen Körper: Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak; dann aber auch um feste, salzartige Stoffe, die aus der Verbindung dieser Gase untereinander hervorgegangen sind, wie z. B. kohlensaures Ammon, Cyanammonium, Schwefelammon u. a. Diese Körper werden entweder mit dem Gasstrome, in welchem sie sich in feiner Form ausgeschieden finden, durch die Kondensatoren hindurch mitgerissen, oder sie bilden sich erst hinter diesen durch Zusammentritt der Komponenten, nachdem sich die Gase inzwischen bis zu einer bestimmten Temperatur abgekühlt haben, welch letztere nicht weit über der mittleren Lufttemperatur liegt. Ueber den letzterwähnten Vorgang folgt Näheres weiter unten.

Die Entfernung der genannten Verunreinigungen aus dem Rohgas erfolgt nun durch Waschen desselben mit Wasser, in welchem die sämtlichen Verunreinigungen mehr oder weniger leicht löslich sind. Hierfür dienende Apparate verschiedener Systeme werden als Wascher bezw.

Skrubber bezeichnet; die erstgenannten, jetzt veraltet, sind teilweise mit Wasser gefüllte Kästen, durch welche das Rohgas seinen Weg zu nehmen genötigt war; letztere sind mit losem Material gefüllte Cylinder, durch welche von oben nach unten Wasser rieselt. In beiden Fällen werden verunreinigende Bestandteile des Gases von dem Wasser, mit welchem sie in Berührung kommen, absorbiert. Am vollständigsten werden dabei die salzartigen Verbindungen, sodann, von den Gasen, Ammoniak ausgewaschen, da dieses in Wasser sehr leicht löslich ist (vergl. S. 16); weniger leicht werden Schwefelwasserstoff und Kohlensäure entfernt. Während nämlich, um einen Vergleich zu ziehen, 1 Teil Wasser bei 15° C. 730 Raumteile Ammoniakgas zu verschlucken vermag, lösen sich in derselben Menge Wassers nur $3^1/_2$ Raumteile Schwefelwasserstoff und nur 1 Raumteil Kohlensäure auf.

Indessen hängt die Entfernung dieser Stoffe aus dem Rohgas nicht lediglich von ihren Absorptionsverhältnissen im Wasser ab, in welchem Falle die Wirkung der Skrubber, wie hier gezeigt, eine nur mangelhafte wäre. Sie wird vielmehr ganz bedeutend unterstützt durch das Vermögen dieser Körper, sich gegenseitig chemisch zu binden. Die so gebildeten Salze sind nun alle sehr leicht löslich in Wasser. Insbesondere besitzt das Ammoniakgas, welches in erheblicher Menge im Rohgas enthalten ist und an sich leicht von Wasser absorbiert wird, auch in wässeriger Auflösung in hohem Grade die Fähigkeit, Kohlensäure sowie auch Schwefelwasserstoff in großen Mengen zu verschlucken, wobei eben die Verbindungen gebildet werden. Bedingung ist dabei wieder, daß die Temperatur des Ammoniakwassers eine bestimmte Höhe nicht übersteigt, weil über derselben die Salze dissociiert werden. Diese Dissociationsgrenze liegt bei etwa 60° C. für die festen Salze. Genaue Untersuchungen über die Zersetzungstemperaturen der entsprechenden wässerigen Auflösungen scheinen nicht vorzuliegen; jedenfalls sind sie nicht sehr verschieden von denjenigen der festen Salze, wie man sich durch schwaches Erwärmen einer solchen Salzlösung leicht überzeugen kann.

In dem Waschwasser bilden sich einfaches (neutrales) und doppeltkohlensaures (saures) Ammon, ferner Schwefelammonium und Ammoniumsulfhydrat. Die Vorgänge der Salzbildung finden ihren näheren Ausdruck in den folgenden chemischen Gleichungen:

I. a) $CO_2 + 2NH_3 + H_2O = (NH_4)_2CO_3$
Kohlensäure Ammoniak Wasser kohlensaures Ammon.

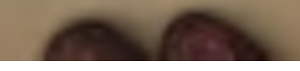
I. b) $CO_2 + 1NH_3 + H_2O = NH_4HCO_3$
Kohlensäure Ammoniak Wasser doppeltkohlensaures Ammon.

II. a) $H_2S + 2NH_3 = (NH_4)_2S$
Schwefelwasserstoff Ammoniak Schwefelammonium.

II. b) $H_2S + 1NH_3 = NH_4HS$
Schwefelwasserstoff Ammoniak Ammoniumsulfhydrat.

Die mehr oder weniger mit diesen Salzen angereicherte Lösung wird als Ammoniak- oder Gaswasser bezeichnet, sie wird auf die in ihr enthaltenen Stoffe weiter verarbeitet und bildet daher ein wichtiges Rohprodukt für die chemische Industrie.

Wie bereits bemerkt, kann die Wirkung des ammoniakhaltigen Gaswassers im Hinblick auf Aufnahme von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff erst stattfinden von einem gewissen Temperaturminimum an, welches in den Skrubbern bereits vorhanden ist.



Nun ist aber zu berücksichtigen, daß die im Rohgase enthaltenen Ammoniakmengen bei weitem nicht ausreichen, um die gleichzeitig vorhandenen beiden anderen verunreinigenden Bestandteile chemisch zu binden. Wie Bunte in einer Studie hierüber dargelegt hat, werden unter gewöhnlichen Verhältnissen im Skrubber durch die Wirkung des Ammoniakgehaltes im Rohgas nur $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ der Mengen von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff zurückgehalten. Günstiger würde sich die Reinigung gestalten, wenn das Zusammentreten der genannten Bestandteile zu sauren Ammoniaksalzen, insbesondere der Kohlensäure, im Sinne der unter b der obigen chemischen Formeln bezeichneten Weise verlaufen würde; dies ist indessen im Skrubber im allgemeinen nicht der Fall, da die in ihm herrschenden Temperaturen noch zu hohe sind, und jene Salzbildung niedere Temperaturen voraussetzt. In den Waschwässern der Skrubber beobachtet man in der That das Auftreten von kohlensaurem Ammon immer in vorwiegenden Mengen, während man das entsprechende saure Salz erst in den entfernter liegenden Apparaten des Systems, in welchen das Gas inzwischen genügende Abkühlung erfahren hatte, in Form krustenartiger Ansätze antrifft.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Hauptmenge der im Rohgas enthaltenen Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs auch nach Verlassen des Skrubbers im Gase verbleibt und auf andere Weise daraus entfernt werden müßte. Indessen läßt sich die Reinigung im Skrubber dennoch mittels Ammoniakwassers bewerkstelligen, wozu man dieses natürlich erst besonders präparieren muß; und zwar geschieht dies, wie nachher noch gezeigt werden soll, durch Regeneration des Gaswassers, so oft es sich mit Kohlensäure und Schwefelwasserstoff gesättigt und dadurch seine Wirksamkeit zunächst verloren hat.

Hiernach gestaltet sich das Prinzip der Skrubberreinigung in der folgenden Weise. Man bringt das Rohgas erst in einem Skrubber mit Ammoniakwasser zusammen, welches fast alle Kohlensäure und Schwefelwasserstoff verschluckt, die entsprechenden Salze bildend; Ammoniak wird hier wenig abgegeben werden, da ja das Waschwasser damit gesättigt ist. Das Gas tritt also aus dem Apparate vorwiegend nur noch mit Ammoniakgas geschwängert aus, zu dessen Beseitigung es nun in einen zweiten Skrubber geleitet wird, in dem sich frisches Wasser befindet, das jetzt das Ammoniak verschluckt.

Die einfachste Form einer Skrubberanlage zeigt dem hier dargelegten Prinzip entsprechend zwei einzelne Skrubber; dieselben besitzen cylindrische Gestalt; das Rohgas tritt in den ersten unten ein, steigt in demselben aufwärts und wird von oben durch ein Rohr abgeleitet, um in den zweiten Apparat unten wieder einzutreten u. s. f. In den ersten Skrubber fließt von oben nach unten Ammoniakwasser; es nimmt aus dem entgegenströmenden Rohgase Kohlensäure und Schwefelwasserstoff auf. In den zweiten Skrubber ergießt sich frisches Wasser, dieses nimmt aus dem Rohgase das Ammoniak hinweg. Wo das Gas aus dem Skrubber austritt, oben, trifft es mit dem reinsten Wasser zusammen.

Verstärkt wird natürlich die Wirkung, wenn man eine größere Anzahl von Skrubbern zu einem System aneinanderfügt; in den ersten, in welchen das Rohgas eintritt, fließt dann das stärkste Ammoniakwasser, in den letzten nur frisches Wasser ein. Um die Waschwässer nach und nach anzureichern, läßt man sie wiederholt durch die Skrubber fließen, indem man die unten

sich ansammelnde Flüssigkeit durch Pumpwerke fortwährend emporhebt und wieder aufs neue der Verwendung zuführt.

Regeneration des Ammoniakwassers. Bevor wir zum konstruktiven Teil des Skrubberbaues übergehen, soll hier die Beschaffung des für den Betrieb notwendigen Ammoniakwassers auf dem Wege der Regeneration aus den gebrauchten Gaswässern behandelt werden. Diese letzteren enthalten, wie gezeigt worden war, die kohlensauren und schwefelwasserstoffsauren Salze des Ammoniums. Zur Regenerierung des letzteren können verschiedene chemische Vorgänge herangezogen werden; auf einfache und wenig Kosten im Betrieb verursachende Weise wird sie nach einer von Hills angegebenen Methode bewerkstelligt.

Das Hillssche Verfahren gründet sich auf die bereits erklärte Dissociation des kohlensauren Ammons und Schwefelammoniums in der Wärme. Zur Regeneration des Ammoniaksalze haltenden Gaswassers dient im wesentlichen das System zweier Apparate, bestehend aus einem Kessel und einem besonderen Skrubber, die miteinander in Verbindung stehen. In dem Kessel wird das Gaswasser auf beiläufig 85° C. erwärmt; dadurch werden, da diese Temperatur über der Dissociationsgrenze liegt, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff aus ihren Verbindungen fast vollständig ausgetrieben; auch etwas Ammoniak geht mit, das wieder aufgefangen werden muß. Letzteres geschieht in dem Skrubber. Das Gasgemisch tritt in diesen von unten ein. Von oben herab läuft demselben rohes Gaswasser entgegen, das bereits vorgewärmt ist. Dasselbe verschluckt nun alles Ammoniak und entsprechende Mengen von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff; der größere Teil der letzteren Gase entweicht aus dem Skrubber oben. Zur Bindung des belästigenden Schwefelwasserstoffs kann das entweichende Gemenge auch noch durch Eisenoxydreiniger (s. diese) geleitet werden.

Aus diesem Verlauf ist zu ersehen, daß die im Kessel befindliche Flüssigkeit das Ammoniak zurückhält, während die anderen Bestandteile abgetrieben werden. Das durch den Skrubber geleitete rohe Gaswasser wird vom unteren Teile des Apparates durch ein Rohr nach dem Kessel geführt; für den Skrubber wird es vorgewärmt vermittelst der in dem gereinigten Gaswasser enthaltenen Wärme, nachdem dieses aus dem Kessel abgezogen ist. Es gelangt nämlich von letzterem aus in einen Kasten, durch welchen Schlangenröhren gelegt sind, die das vorzuwärmende Gaswasser passieren muß. Der Betrieb kann so zu einem kontinuierlichen gestaltet werden, mit einem nur geringen Wärmeaufwand; an einem Teil wird den Apparaten rohes Gaswasser zugeführt, am anderen fließt gereinigtes Ammoniakwasser ab, das teilweise zur weiteren Reinigung des Rohgases im Betriebe der Anstalt verwendet wird. Für die Ueberproduktion bieten sich verschiedene Absatzgebiete.

Eine vollkommenere Beseitigung des Schwefelwasserstoffs läßt sich dadurch erzielen, daß man das Gaswasser vor seiner Behandlung nach der Hillsschen Manier erst durch Kästen leitet, in welchem sich Eisenoxydhydrat befindet. Dieser Körper reißt den Schwefelwasserstoff an sich, indem er mit demselben unlösliches Schwefeleisen bildet; ein Vorgang, der auch für die letzte Reinigung des Rohgases von Wichtigkeit ist, und der an betreffender Stelle noch ausführlich abgehandelt werden wird. — Bei derartiger Reinigung des Gaswassers kann man dann den aus dem Hillsschen Skrubber

austretenden Gasrest, der im wesentlichen nur noch aus Kohlensäure besteht, als unschädlich in die Luft entweichen lassen.

Bau der Skrubber. Hinsichtlich des konstruktiven Teils der für das Waschen von Gas dienenden Einrichtungen ist als älteste Konstruktion der Skrubber von Hugh Young namhaft zu machen. Der Genannte ließ das Abgas einfach in Kästen von etwa 7 m Höhe, 2,5 m Tiefe und 5 m Breite emporsteigen, dagegen fiel Wasser aus einer Brause von der Decke des Apparates herab. Das Wasser bezw. Ammoniakwasser wird bei dieser Einrichtung vermittelst einer Pumpe immer wieder aufs neue der Verwendung zugeführt, so lange, bis es sich mit genügenden Mengen verunreinigender Gase gesättigt hat, die seine weitere Wirksamkeit verhindern.

Man gelangte bald dazu, diese Einrichtung dadurch zu vervollkommnen, daß man einerseits dem Gas innerhalb des Skrubbers größere Berührungsfläche mit der Reinigungsflüssigkeit darbot, andererseits das letztere zu längerem Verweilen innerhalb des Apparates nötigte. Beides wird sehr wirksam erreicht durch Einlegen mechanischer Widerstände in den Apparat, durchlochte Bleche, Koksstücke, Kies, Schamottestücke, Weißblechabfälle u. dergl., welche entweder den ganzen Skrubber mit Ausnahme des oberen Raumes für die Berieselungseinrichtung anfüllten, oder welche auf mehreren durchlöcherten Zwischenböden in mäßiger Schicht ausgebreitet werden. Dem Gas ist wohl der Durchgang durch die zahlreichen Kanäle der genannten Materialien, welche die Stücke zwischen sich freilassen, gestattet; es ist jedoch gezwungen, dem Wege folgend, häufig seine Richtung zu wechseln, so daß alle Teile der Berührung der Flüssigkeit dargeboten werden, welche über das Material im Skrubber herabläuft. Selbstverständlich wird durch die Widerstände der Druck im Skrubber erhöht.

Eine vollkommenere Skrubberkonstruktion, wie die oben erwähnte, stellt die Fig. 1, Taf. 11, dar; es sind hier zwei Skrubberelemente miteinander verbunden (nach Bolleys „Beleuchtungswesen“). Das Gas tritt durch ein Rohr von unten in den rechtsliegenden Skrubber ein, es steigt zwischen dem Füllmaterial empor, welches beständig durch Wasser berieselt wird. Im oberen Teil des Apparates angelangt, findet es seinen Ausgang durch ein Rohr, welches das Gas wieder abwärts und dem nächsten Skrubber zuführt. Die Benetzung des Skrubberinhaltes erfolgt bei der angegebenen Konstruktion mittels eines Röhrenkreuzes, welches in wagerechter Lage an der Decke des Skrubbers angeordnet ist; dasselbe wird durch eine Wasserleitung gespeist; aus einer Reihe von Oeffnungen läßt es das Wasser in einem Regen in den Skrubber herabfallen. Zur gleichmäßigen Verteilung des Wassers kann das Röhrenkreuz um seine senkrechte Achse in Drehung versetzt werden durch ein Räderwerk, wie dies aus der Zeichnung ohne weiteres ersichtlich ist. Das im unteren Teil des Skrubbers angelangte Waschwasser kann hier mit den Bestandteilen, welche es aus dem Gas aufgenommen hat, durch Siphonröhren in die unter den Skrubbern liegenden Sammelbehälter abfließen; auch die U förmigen Teile der Gasleitungsröhren sind auf diese Weise mit den Sammelbehältern in Verbindung gesetzt, damit auch hier sich abscheidende Flüssigkeit keinen Verschluß gegen den Durchgang des Gases bilden kann.

Sehr häufig wird, wie dies bereits oben bemerkt wurde, das Füllmaterial auf die Weise in dem Skrubber verteilt, daß man in dem Apparat mehrere übereinander angeordnete Zwischenböden, welche durchlöchert sind,

sich ansammelnde Flüssigkeit durch Pumpwerke fortwährend emporhebt und wieder aufs neue der Verwendung zuführt.

Regeneration des Ammoniakwassers. Bevor wir zum konstruktiven Teil des Skrubberbaues übergehen, soll hier die Beschaffung des für den Betrieb notwendigen Ammoniakwassers auf dem Wege der Regeneration aus den gebrauchten Gaswässern behandelt werden. Diese letzteren enthalten, wie gezeigt worden war, die kohlensauren und schwefelwasserstoffsauren Salze des Ammoniums. Zur Regenerierung des letzteren können verschiedene chemische Vorgänge herangezogen werden; auf einfache und wenig Kosten im Betrieb verursachende Weise wird sie nach einer von Hills angegebenen Methode bewerkstelligt.

Das Hillssche Verfahren gründet sich auf die bereits erklärte Dissociation des kohlensauren Ammons und Schwefelammoniums in der Wärme. Zur Regeneration des Ammoniaksalze haltenden Gaswassers dient im wesentlichen das System zweier Apparate, bestehend aus einem Kessel und einem besonderen Skrubber, die miteinander in Verbindung stehen. In dem Kessel wird das Gaswasser auf beiläufig 85° C. erwärmt; dadurch werden, da diese Temperatur über der Dissociationsgrenze liegt, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff aus ihren Verbindungen fast vollständig ausgetrieben; auch etwas Ammoniak geht mit, das wieder aufgefangen werden muß. Letzteres geschieht in dem Skrubber. Das Gasgemisch tritt in diesen von unten ein. Von oben herab läuft demselben rohes Gaswasser entgegen, das bereits vorgewärmt ist. Dasselbe verschluckt nun alles Ammoniak und entsprechende Mengen von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff; der größere Teil der letzteren Gase entweicht aus dem Skrubber oben. Zur Bindung des belästigenden Schwefelwasserstoffs kann das entweichende Gemenge auch noch durch Eisenoxydreiniger (s. diese) geleitet werden.

Aus diesem Verlauf ist zu ersehen, daß die im Kessel befindliche Flüssigkeit das Ammoniak zurückhält, während die anderen Bestandteile abgetrieben werden. Das durch den Skrubber geleitete rohe Gaswasser wird vom unteren Teile des Apparates durch ein Rohr nach dem Kessel geführt; für den Skrubber wird es vorgewärmt vermittelst der in dem gereinigten Gaswasser enthaltenen Wärme, nachdem dieses aus dem Kessel abgezogen ist. Es gelangt nämlich von letzterem aus in einen Kasten, durch welchen Schlangenröhren gelegt sind, die das vorzuwärmende Gaswasser passieren muß. Der Betrieb kann so zu einem kontinuierlichen gestaltet werden, mit einem nur geringen Wärmeaufwand; an einem Teil wird den Apparaten rohes Gaswasser zugeführt, am anderen fließt gereinigtes Ammoniakwasser ab, das teilweise zur weiteren Reinigung des Rohgases im Betriebe der Anstalt verwendet wird. Für die Ueberproduktion bieten sich verschiedene Absatzgebiete.

Eine vollkommenere Beseitigung des Schwefelwasserstoffs läßt sich dadurch erzielen, daß man das Gaswasser vor seiner Behandlung nach der Hillsschen Manier erst durch Kästen leitet, in welchem sich Eisenoxydhydrat befindet. Dieser Körper reißt den Schwefelwasserstoff an sich, indem er mit demselben unlösliches Schwefeleisen bildet; ein Vorgang, der auch für die letzte Reinigung des Rohgases von Wichtigkeit ist, und der an betreffender Stelle noch ausführlich abgehandelt werden wird. — Bei derartiger Reinigung des Gaswassers kann man dann den aus dem Hillsschen Skrubber

austretenden Gasrest, der im wesentlichen nur noch aus Kohlensäure besteht, als unschädlich in die Luft entweichen lassen.

Bau der Skrubber. Hinsichtlich des konstruktiven Teils der für das Waschen von Gas dienenden Einrichtungen ist als älteste Konstruktion der Skrubber von Hugh Young namhaft zu machen. Der Genannte ließ das Rohgas einfach in Kästen von etwa 7 m Höhe, 2,5 m Tiefe und 5 m Breite emporsteigen, dagegen fiel Wasser aus einer Brause von der Decke des Apparates herab. Das Wasser bezw. Ammoniakwasser wird bei dieser Einrichtung vermittelst einer Pumpe immer wieder aufs neue der Verwendung zugeführt, so lange, bis es sich mit genügenden Mengen verunreinigender Gase gesättigt hat, die seine weitere Wirksamkeit verhindern.

Man gelangte bald dazu, diese Einrichtung dadurch zu vervollkommnen, daß man einerseits dem Gas innerhalb des Skrubbers größere Berührungsfläche mit der Reinigungsflüssigkeit darbot, andererseits das letztere zu längerem Verweilen innerhalb des Apparates nötigte. Beides wird sehr wirksam erreicht durch Einlegen mechanischer Widerstände in den Apparat, durchlochte Bleche, Koksstücke, Kies, Schamottestücke, Weißblechabfälle u. dergl., welche entweder den ganzen Skrubber mit Ausnahme des oberen Raumes für die Berieselungseinrichtung anfüllten, oder welche auf mehreren durchlöcherten Zwischenböden in mäßiger Schicht ausgebreitet werden. Dem Gas ist wohl der Durchgang durch die zahlreichen Kanäle der genannten Materialien, welche die Stücke zwischen sich freilassen, gestattet; es ist jedoch gezwungen, dem Wege folgend, häufig seine Richtung zu wechseln, so daß alle Teile der Berührung der Flüssigkeit dargeboten werden, welche über das Material im Skrubber herabläuft. Selbstverständlich wird durch die Widerstände der Druck im Skrubber erhöht.

Eine vollkommenere Skrubberkonstruktion, wie die oben erwähnte, stellt die Fig. 1, Taf. 11, dar; es sind hier zwei Skrubberelemente miteinander verbunden (nach Volleys „Beleuchtungswesen"). Das Gas tritt durch ein Rohr von unten in den rechtsliegenden Skrubber ein, es steigt zwischen dem Füllmaterial empor, welches beständig durch Wasser berieselt wird. Im oberen Teil des Apparates angelangt, findet es seinen Ausgang durch ein Rohr, welches das Gas wieder abwärts und dem nächsten Skrubber zuführt. Die Benetzung des Skrubberinhaltes erfolgt bei der angegebenen Konstruktion mittels eines Röhrenkreuzes, welches in wagerechter Lage an der Decke des Skrubbers angeordnet ist; dasselbe wird durch eine Wasserleitung gespeist; aus einer Reihe von Oeffnungen läßt es das Wasser in einem Regen in den Skrubber herabfallen. Zur gleichmäßigen Verteilung des Wassers kann das Röhrenkreuz um seine senkrechte Achse in Drehung versetzt werden durch ein Räderwerk, wie dies aus der Zeichnung ohne weiteres ersichtlich ist. Das im unteren Teil des Skrubbers angelangte Waschwasser kann hier mit den Bestandteilen, welche es aus dem Gas aufgenommen hat, durch Siphonröhren in die unter den Skrubbern liegenden Sammelbehälter abfließen; auch die U förmigen Teile der Gasleitungsröhren sind auf diese Weise mit den Sammelbehältern in Verbindung gesetzt, damit auch hier sich abscheidende Flüssigkeit keinen Verschluß gegen den Durchgang des Gases bilden kann.

Sehr häufig wird, wie dies bereits oben bemerkt wurde, das Füllmaterial auf die Weise in dem Skrubber verteilt, daß man in dem Apparat mehrere übereinander angeordnete Zwischenböden, welche durchlöchert sind,

mit Stroh oder Rohrmatten überdeckt, und auf diese nun das Füllmaterial auflagert.

Was das Füllmaterial selbst betrifft, so soll dies offenbar eine im Verhältnis zu seiner eigenen Masse möglichst große Oberfläche besitzen; in demselben Verhältnis kann dann dem Skrubber ein geringerer Umfang erteilt werden. Am schlechtesten eignen sich in dieser Hinsicht Kieselsteine, weil deren kugelige Gestalt die geringste Oberfläche bietet.

Wirksame Verteilung des im Skrubber herabrieselnden Wassers und vielfache Berührung desselben mit dem aufsteigenden, zu reinigenden Gase kann durch Einsätze der von Zschocke angegebenen Patent-Holzhorden erzielt werden. Dieselben werden gebildet durch in geringen Abständen nebeneinander angeordnete Holzschienen von keilförmigem Querschnitt mit abgerundeten Kanten. Die untere, schmälere Kante ist derart ausgeschnitten, daß sie flache Spitzen bildet; jede Spitze der einen Schiene deckt die Lücken der beiden benachbarten. In den Skrubber werden diese Horden, auf Zwischenlager gestützt, rechtwinkelig übereinander eingesetzt. Das auf die obere Horde aufträufelnde Wasser tropft von den einzelnen Spitzen der Unterseite auf die nächstfolgende Horde und so fort, wobei es demnach in großer Verteilung beständig dem Gas begegnet.

Direktor Reichert verwendet im Karlsruher Gaswerk seit mehreren Jahren mit bestem Erfolg Weißblechschnitzel als Füllung. Dieselben enthalten für gedachten Zweck die denkbar günstigsten Bedingungen; außerdem sind sie als Abfall aus Blechnereien, woselbst man sich ihrer als lästigen Ballast gerne entledigt, stets in großen Mengen zu erhalten. Das Einbringen der Abfälle erfolgt nach einer eigenen Methode. Die Schnitzel werden, um sie in großen Mengen in den Skrubber zu bringen und auch leicht wieder herausnehmen zu können, in viereckige Holzformen von 10 cm im Quadrat und 30 cm Höhe eingestampft; die so gebildeten Packete werden mit Draht zusammengebunden und so nunmehr in den Skrubber neben- und übereinander eingesetzt.

Ein als kombinierten Skrubber zu bezeichneter Apparat von Schiele reinigt das Rohgas sowohl durch Auswaschen mittels einer Wasserbrause in der älteren Weise, als auch durch mit Flüssigkeit befeuchteten Oberflächen, mit welchen das Gas in Berührung gebracht wird. Wie die Zeichnungen des Apparates, Fig. 2 bis 4, Taf. 11, erkennen lassen, ist der (gußeiserne) Mantel des Skrubbers in vier Teilen aufeinander gesetzt. Das Gas tritt auf seinem Wege, durch Pfeile gekennzeichnet, im unteren Teile des Apparates ein; zu seiner Ableitung vom oberen Teil des Skrubbers aus führt ein zentrales Rohr durch den Apparat hindurch, an dessen Boden ausmündend. Ein über diesem befestigter Schirm dient dazu, das auf denselben aus einer Leitung auffallende Wasser in dem Skrubber zu verspritzen. Der letztere ist im unteren Viertel seiner Höhe durch einen querliegenden Rost zunächst in zwei Räume abgeteilt; der obere dient zur Aufnahme des Füllmaterials (Reißig), der untere soll das Waschen auf andere Weise bewirken. Zu dem Ende sind in diesem Raume querüber eigenartig geformte Platten a u. b eingelegt, welche sich abwechselnd, Platte für Platte, einmal in der Mitte senken und hier eine Oeffnung für das hindurchgeführte zentrale Gasableitungsrohr und außerdem für das niederfließende Wasser freilassen (Fig. 3), das andere Mal, in der Mitte an das Rohr eng anschließend, nach ihrem äußeren Rande zu abfallen, um das Wasser hier ablaufen zu lassen (Fig. 4).

Die Waschflüssigkeit durchsickert also zunächst die Füllung im oberen Teil des Skrubbers; indem sie dann durch den Rost abläuft, trifft sie auf die erste (nach innen geneigte) Platte a, fließt nach der Mitte des Apparates zu, fällt hier durch die Oeffnung auf die nächstfolgende Etage b, auf welcher sie dem Rande zu abfließt, um auf die dritte Etage a zu fallen. Die unten sich sammelnde Flüssigkeit wird in einen eigenen Behälter abgeleitet.

Von anderen Skrubber-Konstruktionen soll noch der als „Standard-Wascher-Skrubber" bekannt gewordene, ziemlich komplizierte Apparat Erwähnung finden; derselbe ist Fig. 5, Taf. 11, in seitlicher Ansicht mit teilweisem Durchschnitt abgebildet. Er wird gebildet durch ein Gehäuse aus Eisenguß, durch dessen Längsachse eine beiderseits in Lagern ruhende Welle führt, die mittels Transmission in Drehung versetzt werden kann. An dieser Welle sitzen, durch Speichen mit ihr verbunden, einzelne Bündel von Blechscheiben in Brillenform. Der ganze innere Raum des Gehäuses wird um die Achse der Welle durch gußeiserne Scheiben in Zwischenräume zur Aufnahme für je ein Bündel der erwähnten Blechscheiben eingeteilt. In ihrer Mitte bieten diese Scheiben dem Gase den Durchgang. Die untere Hälfte des Skrubbers ist bis zu solcher Höhe mit Waschflüssigkeit (gewöhnliches Wasser bezw. Gaswasser) angefüllt, daß die Blechscheiben etwa mit $^1/_3$ ihrer Gesamtfläche darin eintauchen, so daß sie bei jeder Drehung der Welle von der Flüssigkeit aufs neue benetzt werden.

Das Rohgas nimmt seinen Weg durch den Apparat in der Richtung der Pfeile; von Abteilung zu Abteilung wandernd muß es fortwährend die über die Waschflüssigkeit emporragenden befeuchteten Lamellen passieren, wobei die Abgabe der Verunreinigungen erfolgt. Die Flüssigkeit nimmt den entgegengesetzten Weg im Apparat. Auf der einen Seite wird Wasser eingeleitet, das nun, in den Abteilungen fortschreitend, sich mehr und mehr mit den löslichen Gasen sättigt; mit dem reinsten Gase kurz vor dessen Austritt kommt also reines Wasser in Berührung, umgekehrt stößt das in den Skrubber eintretende Rohgas zuerst auf angereichertes Gaswasser.

Der Standard-Wascher-Skrubber hat in England große Verbreitung gefunden; die größten Gaswerke bedienen sich seiner und liegen über seine Wirksamkeit die günstigsten Ergebnisse vor. Auch in Deutschland gewinnt derselbe allmählich Boden, namentlich in einer Ausführungsform, die ihm von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft gegeben wurde.

Superphosphat-Reinigung. Wollte man die Entfernung auch der letzten Anteile Ammoniaks in den Skrubbern vermittelst Auswaschens bewirken, was zweifelsohne gelingen würde, so wären hierzu sehr große Mengen von Wasser nötig. Man geht daher aus praktischen Rücksichten nicht so weit, sondern entfernt lieber den Rest des Ammoniaks auf andere, chemische Art, indem man dem Rohgase Stoffe bietet, welche diesen Bestandteil unter Bildung seiner Salze an sich binden. Zur Erreichung dieses Zweckes hat man sich anfangs vielfach der Schwefelsäure bedient, indem man das von dem letzten Skrubber kommende Gas durch eine wässerige Lösung dieser Säure hindurchleitete. Das Ammoniak wird hierbei von der Säure aufgenommen; es bildet sich schwefelsaures Ammon, welches nach Eindampfung der Flüssigkeit in Gestalt eines salzartigen Körpers zurückbleibt, der als wertvolles Düngermittel in der Landwirtschaft Verwendung findet.

Bei dieser Reinigungsweise des Rohgases ergibt sich indessen ein Bedenken daraus, daß von der Schwefelsäure auch Anteile des Leuchtgases selbst aufgenommen werden, und zwar gerade die schweren Kohlenwasserstoffe Aethylen, Propylen u. s. f.

Es sei an dieser Stelle daran erinnert, daß gerade auf dieser Löslichkeit der genannten Gasarten in Schwefelsäure die Methode ihrer Bestimmung beruht. Natürlich ist die unfreiwillige Entfernung dieser Bestandteile aus dem Gas von Nachteil im Hinblick auf seine Leuchtkraft, und man hat sich daher nach anderen Stoffen umgesehen, welche das Ammoniak zu binden vermögen, ohne die berührte unangenehme Nebenwirkung auf das Gas auszuüben.

Seit wenigen Jahren hat man sich zu diesem Zwecke mit Vorteil der sogenannten Superphosphaten zugewendet. Diese Körper sind hier etwas näher zu betrachten, damit die Vorteile ihrer Verwendung verständlich werden.

Die Kalksuperphosphate, um welche es sich besonders hier handelt, werden erhalten durch Aufschließen des schwerlöslichen dreibasischen phosphorsauren Kalkes mittels Schwefelsäure. Dabei verbindet sich der Kalk mit der Schwefelsäure zu Gips, während die Phosphorsäure teilweise frei wird, teilweise mit weniger Kalk sich begnügt und mit diesem nunmehr lösliche Verbindungen bildet. Derartig zubereitete Präparate werden als „Superphosphate" bezeichnet. Liebig hat dieselben schon vor 50 Jahren als künstlichen Dünger empfohlen, da sie die für das Wachstum der Pflanzen erforderliche Phosphorsäure in einer Form darbieten, wie dieselbe nicht günstiger gedacht werden kann. Auf dieser Grundlage hat sich eine vollkommene Industrie entwickelt, und werden nunmehr die verschiedensten phosphorsäurehaltigen Substanzen, welche im wesentlichen aus dreibasischem Phosphorsalz bestehen, auf Superphosphate verarbeitet. Solche Materialien sind namentlich Knochen, Guano und das Mineral Phosphorit. Die Superphosphate des Handels stellen, je nach ihrer Zubereitung oder dem Ausgangsmaterial, feste, oft krümelige Massen dar; sie bestehen der Hauptmenge nach aus

in Wasser leicht löslichen Bestandteilen: kristallisierter einbasisch phosphorsaurer Kalk ($CaH_4P_2O_8 + H_2O$), freie Phosphorsäure (H_3PO_4), Eisen und Thonerdephosphat, kristallisierte schwefelsaure Magnesia, Wasser;

in Wasser schwerlöslichen Bestandteilen: kristallisierter zweibasischer phosphorsaurer Kalk ($Ca_2H_2P_2O_8 + 4H_2O$) oder ($CaHPO_4 + 2H_2O$), Eisen-, Thonerde-, Kalkphosphat, Eisenoxyd, unaufgeschlossenes dreibasisches Phosphat, kristallisierter schwefelsaurer Kalk, Kieselsäure und Silikate.

Der Wert eines Superphosphates als Düngermittel richtet sich zunächst nach dessen Gehalt an freier Phosphorsäure oder löslichen phosphorsauren Salzen. Er wird erhöht durch einen Gehalt an Stickstoff, und zeichnen sich hierdurch die Guanosuperphosphate den übrigen gegenüber günstig aus, wenn schon die darin enthaltenen Stickstoffmengen nur geringe sind.

Die Superphosphate zeigen die für die Gasreinigung wichtige Eigenschaft, mit Ammoniak sich zu verbinden und zwar in Mengen, welche zu der für die Aufschließung des ursprünglichen Phosphates verwendeten Schwefelsäure in einem bestimmten Verhältnisse stehen; je mehr Schwefelsäure daher

ei der Aufschließung des Phosphates gewirkt hat, um so mehr Ammoniak-gas vermag das Superphosphat zu binden.

In den so gebildeten Ammoniak-Superphosphaten ist die Phosphorsäure mmer noch in löslicher Form vorhanden, nunmehr aber nicht ausschließlich n Kalk, sondern außerdem noch an Ammoniak gebunden; der Stickstoff des etzteren aber vermehrt den Wert des Präparates als Düngermittel in hohem Maße.

Die Erwägung der angeführten Punkte führte zur Verwendung des Superphosphates als Gasreinigungsmasse. Bolton und Wanklyn haben wir die Einführung des Verfahrens zu verdanken. Das Superphosphat wird einfach in einen Kasten von der Konstruktion derjenigen Apparate, welche als Reiniger noch näher beschrieben werden sollen, auf übereinander liegenden Horden ausgebreitet. Man führt nun das Gas durch diese Kästen hindurch, so daß es Gelegenheit findet, die Hauptmenge des Ammoniaks, welche ihm nach dem Austritt aus dem letzten Skrubber noch anhaftet, an die Reinigungsmasse abzugeben.

Die Wirkung dieser Reinigung zeigt sich am klarsten aus Versuchsergebnissen, welche in der Münchner Gasanstalt gelegentlich der Prüfung des Verfahrens erhalten worden sind. Es wurde dort zur Reinigung des Rohgases bei einer täglichen Produktion von 15 bis 20000 cbm ein mit Superphosphat beschickter Reiniger hinter dem letzten Skrubber eingeschaltet. Die Ammoniakmengen an den Endpunkten wichtiger Strecken des ganzen Reinigungssystems zeigten dabei die folgenden Verhältnisse:

100 cbm Gas enthielten

nach der Vorlage	427 g	Ammoniak.
vor dem Kondensator	388 g	„
vor den Skrubbern	220 g	„
nach den berieselten Skrubbern . . .	59,5 g	„
nach dem Superphosphat-Reiniger	3,4 g	„

Die in ihrer Wirkung erschöpfte Reinigungsmasse enthielt 7,5 Prozent Ammoniak; auf schwefelsaures Ammon berechnet würde dies 29 Prozent dieses Produktes ausmachen.

Die Saugapparate.

Sehen wir ab von den nachteiligen Wirkungen, welche der in den Gasbereitungs-Apparaten herrschende Druck im Hinblick auf die Qualität des Gases ausüben soll (vergl. S. 145), so bedingt derselbe auch quantitative Verluste, indem das Gas bei Undichtheiten der Apparate, die fast immer vorkommen, in größerer oder geringerer Menge, je nach Höhe des Druckes, entweicht. Zu den Widerständen, welche das Gas in der Vorlage durch en hydraulischen Verschluß gefunden hat, kommen noch jene in den Kondensatoren und Skrubbern, woselbst der Widerstand durch die Stauung des Gases in den vielen Biegungen seines Weges hervorgerufen wird. Der

Druck summiert sich also in dem gesamten Reinigungssystem. Zu seiner Ausgleichung schaltet man, in der Regel zwischen Skrubber und Reiniger, Apparate ein, welche auf das von den Retorten kommende Gas ansaugend wirken und nach der anderen Richtung eine Pressung ausüben. Diese Sauger, auch Aspiratoren oder Exhaustoren genannt, werden nach verschiedenen, im Prinzip teils weit voneinander abweichenden Grundsätzen gebaut; man teilt sie im allgemeinen in trocken wirkende und hydraulische, welche schon längst verwendet werden; dazu kommt in neuerer Zeit das Körtingsche Dampfstrahlgebläse in seiner Anwendung als Saugapparat.

Glocken-Exhaustoren. Die älteste Form der Saugapparate ist diejenige der sogenannten Glocken-Exhaustoren, deren Einrichtung und Wirkungsweise wir bereits früher haben kennen lernen, wo es sich um die Beschreibung eines von Schilling konstruierten Versuchsapparates handelte. Es sei an dieser Stelle nochmals auf jene Beschreibung (S. 66) und die zugehörigen Zeichnungen Fig. 16 und 17, Taf. 14, verwiesen, da sie das Prinzip der Glocken-Exhaustoren am deutlichsten erkennen lassen.

Ein für den Betrieb gebauter Glocken-Exhaustor ist derjenige von Pauwels; zugleich stellt dieser eine der ältesten Konstruktionen dar, welche bei verschiedenen Gewerben Eingang fand zur Beförderung von Gasen und Dämpfen, insbesondere aber der Gastechnik von Wichtigkeit geworden ist.

Die Konstruktion des Apparates soll an der Hand der Zeichnungen Fig. 1 und 2, Taf. 12, sowie Fig. 1, Taf. 13, erklärt werden, von welchen die beiden ersten die Ansicht, beziehungsweise den Längsschnitt (Fig. 1), sowie einen Querschnitt (Fig. 2) darstellen, während die letzte die Anlage des Apparates in der senkrechten Projektion, beziehungsweise einem wagerechten Schnitte zu erkennen gibt, indem die eine der drei Glocken fortgelassen ist, die Saug- und Druckröhren durchschnitten sind.

Der Apparat besteht aus den drei Glocken G, welche in je einem mit Wasser gefüllten Behälter G′ den Führungsstangen A′ entlang auf und abbewegt werden können; geradlinige Führung wird dabei durch die Hülsen D′ innegehalten. Die Bewegung wird, da sie eine langsame sein soll, von der Welle S aus, deren Riemenscheibe t durch motorische Kraft eine Drehung erhält, durch wiederholte Uebersetzung auf die Glocke übertragen. Zu dem Ende greifen die Getriebe r in q und o in n ein; die an deren letzteren Rad sitzende Welle m bewegt endlich die Kurbel l mit Kurbelstange l_1. Je eine Kurbelstange faßt die Glocke des Saugers zu beiden Seiten des letzteren an der Querstange h an; von hier aus wird also die Glocke gehoben und gesenkt.

Die Zuleitung des Gases nach dem Apparat wird durch Rohr F vermittelt. An dieses schließt sich das Rohr L an, welches vor den Glocken herläuft. In tieferer Lage als das Rohr befinden sich zwei Cylinder H und J, welche zur Hälfte mit Wasser als Sperrflüssigkeit gefüllt und zur Erhaltung eines stets gleichen Niveaus durch die Röhren V miteinander in Verbindung gesetzt sind; der Wasserzufluß erfolgt durch Leitung x und die Trichter y nach dem Cylinder H. Der Behälter H ist als Saugrohr, J als Druckrohr zu bezeichnen. Ersterer ist der Länge nach in drei Abteilungen geteilt, deren eine jede einer Glocke entspricht; mit dem Rohre L ist jede Abteilung derart verbunden, daß senkrechte Rohrhälse L′ von dem Verteilungsrohre L in den Cylinder hineinführen und dort erst unter Wasser

ausmünden; hierdurch ist ein hydraulischer Verschluß geschaffen, ähnlich demjenigen, welchen wir bei der Vorlage haben kennen lernen, welcher also dem Gas unter geringem Druck den Eintritt in den Cylinder H gestattet, nicht jedoch den Austritt zurück nach derselben Rohrleitung.

Quer über die beiden Cylinder H und J, sowie unter dem Rohre L hindurch führt das Rohr K zunächst bis unter die Glocke, wo es aufwärts biegt und in die letztere frei ausmündet. Von dem wagerechten Teil dieses Rohres senken sich Verbindungsröhren nach den beiden Cylindern H und J, die Verbindung nach dem letzteren taucht in die Sperrflüssigkeit unter, so daß aus dem Rohr K Gas wohl in das Druckrohr J austreten, nicht aber den umgekehrten Weg nehmen kann.

Zuleitung, Verteilung und Ableitung des Gases in dem Apparat geht nun in der folgenden Weise vor sich. Sobald durch Heben der Glocke G der Druck innerhalb dieser Glocke beziehungsweise in einer entsprechenden Abteilung des Cylinders H vermindert wird, strömt das Gas aus der Leitung F durch Rohr L und L' dahin, indem es durch die Sperrflüssigkeit hindurchgeht; es gelangt nunmehr ungehindert in die Glocke durch K' und K. Zur gleichen Zeit kann hier aus dem Druckrohr J nichts in die Rohrleitung K zurücktreten wegen des Wasserverschlusses.

Die gefüllte Glocke drückt nun bei ihrem Niedergange das Gas zu demselben Rohre K wieder hinaus; der Druck pflanzt sich auch auf den Inhalt des Behälters H fort, allein hier kann jetzt das Gas den hydraulischen Schluß der Röhren L' rückwärts nicht überwinden; es tritt aber ohne große Schwierigkeiten durch die Sperrflüssigkeit des Behälters J hindurch und gelangt von hier aus in die Leitung N, in welcher es weitergeführt wird.

Um die Beförderung des Gases durch die Leitung hindurch zu einer möglichst gleichförmigen zu gestalten, trotz des intermittierenden Ganges der Exhaustorglocken, hat man die gegenseitige Bewegung derselben entsprechend einzuteilen, und zwar so, daß niemals gleichzeitig zwei Glocken in dem nämlichen Stadium der Bewegung sich befinden.

Trockene Exhaustoren. Dieselben schließen sich in ihrer Konstruktion verschiedenen schon längst bekannten Wasserpumpen und Motoren aufs engste an; das wichtigste System derselben (von Beale) ist geradezu aus der rotierenden Dampfmaschine hervorgegangen, nachdem sich die Konstruktion für den ursprünglich gedachten Zweck als weniger geeignet erwiesen hatte.

Fig. 6 und 7, Taf. 11, gibt eine Form des von Beale konstruierten ersten rotierenden Saugers (Bolley, „Beleuchtungswesen"). Der Apparat stellt äußerlich ein cylindrisches Gehäuse B dar, nach welchem die Zu- und Ableitungsröhren C und D für das Gas führen. Im Innern des Cylinders befindet sich eine Trommel A von erheblich geringerem Durchmesser wie das Gehäuse; diesem gegenüber nimmt die Trommel eine exzentrische Lage ein. Sie ist mit der durch das Gehäuse führenden Welle a als Achse fest verbunden, mittels derselben kann sie in Drehung versetzt werden. Die Trommel ist in radialer Richtung auf zwei entgegengesetzten Seiten bis nahe zu ihrer Achse gespalten, so daß Schlitze S freibleiben. Den letzteren entsprechen zwei Platten p, Schieber, welche den Hohlraum zwischen dem äußeren Gehäuse und der inneren Trommel bei jeder Stellung der letzteren in zwei Hälften teilen, indem ihr äußerer Rand mittels der beiden Vorsprünge d (Fig. 7) in einer entsprechenden Nute des Gehäuses gleitet. Die Schieber

können sich daher niemals von der Wand des Gehäuses entfernen; wohl aber können sie der drehenden Bewegung der inneren Trommel folgen, da sie von den Schlitzen derselben geführt werden und die letzteren die Schieber in sich aufnehmen, wenn sie bei der Drehung der Wand des Gehäuses näher kommen.

Die Beförderung des Gases durch den Apparat erfolgt nun in der Weise, daß bei einer Drehung der Trommel A im Sinne der Pfeile, bei dem Zustand, welchen die Figur darstellt, zunächst der hinter dem Schieber befindliche Raum beständig vergrößert wird, während sich der Raum vor dem Schieber im selben Maße verringert. Das Gas wird also aus der Leitung C in die erste Abteilung des Apparates hineingezogen, während in der zweiten Abteilung, vor dem Schieber, das Gas in die Rohrleitung D hinausgeschoben wird.

Eine neuere Konstruktionsform des Bealeschen Exhaustors zeigt Fig. 8 und 9, Taf. 11, im Quer- und Längsschnitt, nach Jahrgang 1883 des „Engeneering". Die Drehung der inneren Trommel erfolgt hier wie bei dem vorherbeschriebenen Exhaustor; indessen geht die Welle A nicht durch das Gehäuse hindurch, sondern sie hält die Trommel nur an einer Seite. Bei der Drehung nimmt die Trommel die durch ihre Achse gehende Zwischenwand s s mit, welche den Schiebern der älteren Konstruktion entspricht. In seiner Mitte trägt der Schieber eine Führung mit einem darin verschiebbaren Schlitten r, welcher als Lager dient für den Zapfen eines fest mit dem Gehäuse verbundenen Stahlarmes. Der Vorzug dieser Anordnung liegt darin, daß hier der Schieber von dem starken Arme getragen wird und nicht durch seine schwachen Außenränder. Bei jeder Umdrehung der Trommel, im Sinne des Uhrzeigers gedacht, gleitet die Zwischenwand mit ihrer Führung, von der auf der Zeichnung angegebenen Stellung aus, erst etwas nach rechts von dem Zapfen, dann etwas nach links, um nach vollendeter Drehung von 180° das Spiel zu wiederholen. Seine größte Entfernung vom Zapfen erreicht der Mittelpunkt des Schiebers, wenn dieser die wagerechte Lage einnimmt. Bei der Umdrehung beschreibt der geometrische Mittelpunkt der Zwischenwand einen vollständigen Kreis, der mit seinem Umfang auf einer Seite die Achse des Gehäuses, auf der entgegengesetzten Seite diejenige der Trommel berührt. Dieser Bewegung entsprechend darf das Gehäuse des Apparates keinen vollständig runden Querschnitt besitzen, dieser muß vielmehr einer Ellipse entsprechen.

Der beschriebene Exhaustor ist berechnet für eine Leistung von 300 Umdrehungen in der Minute, wodurch stündlich 555 cbm Gas befördert werden können.

Die ganze Betriebseinrichtung, welche zuerst im Kristallpalast in London aufgestellt wurde, zeigt Fig. 10 und 11, Taf. 11, im Grundriß und Aufriß. Auf derselben Bodenplatte sind zwei Exhaustoren mit einer dazwischen liegenden Dampfmaschine montiert, so daß die Kurbelstange der letzteren unmittelbar die gemeinsame Welle in Umdrehung versetzt. Die Dampfzuleitung zu dem Motor, welcher einen Cylinder von 18 cm lichter Weite besitzt, wird durch den Druck des Gases selbst auf automatische Weise geregelt; der hierzu dienliche Apparat ist auf dem Grundriß als eine kreisrunde Scheibe sichtbar, welche in der Nähe der Dampfleitung steht. Seine Einrichtung soll unter dem nachfolgenden Kapitel über Regulatoren, zu welchen der Apparat gehört, näher beschrieben werden.

Dampfstrahl-Exhaustoren. Schließlich ist hier noch die dritte Art von Saugern zu erwähnen, deren schon zu Anfang dieses Kapitels gedacht wurde, der Dampfstrahl-Exhaustoren. Der von Körting stammende Apparat ist im wesentlichen derselbe, den wir auf S. 127 kennen gelernt haben, wo er als Gebläseeinrichtung für die Generatorfeuerung dienend beschrieben wurde. Zur Verwendung als Exhaustor hat der Apparat die etwas veränderte Konstruktion der Fig. 12, Taf. 11, erhalten, und ist seine Einrichtung und Wirkungsweise die folgende. Der Dampf strömt aus einer konischen, mittels einer beweglichen Nadel in ihren Endquerschnitten regulierbaren Düse in eine Reihe weiter folgender konischer Düsen mit immer wachsenden Querschnitten, in denen er sich mit dem von der Seite herzutretenden Gas mischt und seine Ausströmungsgeschwindigkeit nach und nach dem Gas mitteilt. Nach der Größe dieser Geschwindigkeit richtet sich der Gegendruck, den das Gas zu überwinden vermag, und umgekehrt. Durch Zulaß von mehr oder weniger Dampf hat man es in der Hand, den Druck genau zu regulieren.

Für die größeren, während des jährlichen Betriebes wiederkehrenden Produktionsschwankungen ist die Einrichtung des Apparates so getroffen, daß seine Leistungsfähigkeit (bezw. der Dampfverbrauch) diesen Schwankungen entsprechend verändert werden kann. Zu dem Ende können die Saugöffnungen der letzten und weitesten Mischungsdüsen der Reihe nach vom Gas abgesperrt werden durch einen cylindrischen Schieber, der von außen mittels Schrauben oder Getriebe bewegt wird. Dadurch wird der Querschnitt der letzten noch ansaugend wirkenden Düse, auf dem der zu überwindende Gegendruck lastet, verkleinert und damit gewissermaßen der ganze Apparat. Dementsprechend ist auch die Dampfspindel einzuschieben, um den Dampfverbrauch zu verringern.

Mancherorts will man eine nachteilige Wirkung des Dampfstrahl-Exhaustors beobachtet haben, die sich in einer erhöhten Ausscheidung von Naphthalin aus dem Leuchtgas unmittelbar hinter dem Apparate ausspricht. Die Erscheinung trat namentlich dann auf, wenn die Menge des einströmenden Dampfes, und damit auch die Erwärmung des Gases eine verhältnismäßig hohe war. Verstopfungen der Apparate und Rohrleitungen durch Naphthalinansätze waren dann die unliebsame Folge, welche störend auf den Betrieb einwirkten. Nach Horn läßt sich das Uebel vermeiden, wenn man der Düsenöffnung, durch welche der Dampf in den Exhaustor eingelassen wird, eine lichte Weite von nicht mehr als 4 mm gibt. Dementsprechend muß die Dampfspannung erhöht werden. Des weiteren empfiehlt es sich, hinter dem Exhaustor einen hinlänglich großen Luftkondensator aufzustellen.

Im übrigen sprechen sich die vorliegenden Berichte über den Dampfstrahl-Exhaustor allgemein günstig aus. Der Dampfverbrauch ist ein sehr mäßiger zu nennen, auch bei Anwendung der empfohlenen hohen Spannung.

Regulierung des Saugapparates.

Die im vorstehenden Abschnitte beschriebenen Sauger verschiedener Systeme würden ihre Aufgabe nur in unvollkommener Weise erfüllen, wenn sie stets gleichbleibende Wirksamkeit besäßen. Diese muß sich vielmehr fortwährend und selbstthätig regulieren lassen je nach den im gesamten Gasbereitungssystem herrschenden, stets veränderlichen Druckverhältnissen. Wächst der Druck, etwa durch vermehrte Gasentwickelung, kurz nach frischer Beschickung der Retorten, so soll der Sauger sofort eine Entlastung herbeiführen, und er muß daher seine Bewegung beschleunigen; nimmt der Druck wieder ab, so muß auch der Exhaustor schwächer arbeiten. Der letztere sollte so funktionieren, daß eine Druckveränderung hinter und vor dem Apparate möglichst ausgeschlossen ist. — Ueber die schädliche Wirkung der Druckvermehrung auf das Gas innerhalb der Retorten wurde bereits oben ausführlich gesprochen. Minderdruck kann andererseits zur Folge haben, daß durch Undichtheiten der Retorten in diese selbst Verbrennungsgase aus dem Ofen, oder beim Entleeren und Laden der Retorten durch die Aufsteigröhren Luft eingesaugt wird. Abgesehen von hiermit bedingter Explosionsgefahr ist mindestens eine Verschlechterung des Leuchtgases die Folge.

Wo ein Exhaustor zur Anwendung kommt, erscheint es daher auf alle Fälle geboten, mit diesem eine Einrichtung zu verbinden, welche durch den Gasdruck selbst regulierend auf den Sauger einwirkt, um den Druck auszugleichen. Diese im Betrieb gebrauchten Vorrichtungen sind zu unterscheiden von einer anderen Art von Regulatoren, die für gleichmäßigen Abfluß des Leuchtgases aus dem Gasbehälter nach dem Rohrnetz zu sorgen haben, und die an betreffender Stelle noch abgehandelt werden. Ihre Konstruktion läuft immer darauf hinaus, den in den Apparaten herrschenden Gasdruck in eine Glocke fortzupflanzen, die beweglich aufgehängt und nach unten mit Wasserverschluß versehen ist. Die Bewegung dieser Glocke wirkt nun z. B. auf ein Ventil des Dampfrohres zur Maschine, welche den Exhaustor bewegt; steigt der Gasdruck, so wird dadurch die Glocke gehoben, fernerhin das Dampfventil weiter geöffnet und dadurch ein schnelleres Arbeiten des Saugers hervorgerufen. Für den Fall des Körtingschen Dampfstrahl-Exhaustors gestaltet sich die Regulierung einfach in der Weise, daß auch hier der Dampfzutritt bei wachsendem Druck vermehrt und dadurch unmittelbar die Saugwirkung verstärkt wird.

Glockenregulator. Fig. 13, Taf. 11, stellt einen Exhaustor-Regulator dar, wie er sich vielfach in Gebrauch befindet. Das Gas nimmt seinen Weg in dem (liegend gezeichneten) Leitungsrohr. Der Druck in letzterem pflanzt sich fort in eine, durch seitlichen Rohrhals mit der Leitung verbundene Glocke, welche sich in einer mit Wasserverschluß versehenen Trommel auf und abwärts bewegen kann, je nachdem sich der Druck des Gases vermehrt oder vermindert. Ein Balancier, an welchem die Glocke aufgehängt ist, wird hierdurch etwas um seine Achse gedreht; die Bewegung wird einerseits mittels einer wagerechten Stange auf ein Drosselventil des Dampfrohres, welches zu dem Cylinder der Maschine führt, fortgepflanzt, andererseits durch eine senkrechte Stange auf ein gleiches Ventil innerhalb des

ısleitungsrohres. Die senkrechte Stange ist zur Erhaltung des Gleich-
vichts der Glocke beziehungsweise zur beliebigen Belastung der letzteren
t einem Gewichte versehen.

Sollte nun der Exhaustor zu rasch arbeiten, so hebt der wachsende
ısdruck in der Rohrleitung die Glocke des Regulierapparates empor. Da-
rch öffnet sich aber einerseits die Drosselklappe der Gasleitung, so daß
s Gas rascher abfließen kann und so eine Druckentlastung eintritt; anderer-
its wird gleichzeitig das Ventil des Dampfrohres etwas geschlossen, die
ampfzufuhr nach dem Cylinder also verringert und die Maschine wird
ʒt langsamer arbeiten.

Dieser einfachsten Glocken-Regulierung haften, so schön sie auch im
rinzipe ihrer Konstruktion ausgedacht sein mag, doch gewichtige Mängel
ı, welche die Wirksamkeit des Apparates oft in Frage stellen. Es soll
er durch die Druckschwankungen des Gases, die an sich sehr geringe
ıd, mechanische Arbeit geleistet werden, bestehend in der Drehung der durch
stopfbüchsen hindurchgehenden Ventile bezw. Drosselklappen. Es liegt auf
er Hand, daß diese Bewegung nicht allen Druckveränderungen in der Leitung
ezw. der Regulatorglocke folgen wird und Unregelmäßigkeiten daher nicht
anz zu vermeiden sind.

Diesem Mangel der einfachen Konstruktionen begegnet Hahn*) mit
einem Regulator, Fig. 2 bis 4, Taf. 13, dadurch, daß er die Bewegung der
Regulatorglocke nicht unmittelbar auf die Drosselklappe einwirken läßt, sondern
le nur dazu benutzt, einen eigenen Mechanismus in die Bewegung der
Maschine einzuschalten, so daß diese selbst die Arbeitsleistung an der Drossel-
klappe übernimmt. Nach des Erfinders eigener Beschreibung kann man den
innreichen Apparat als aus zwei Hauptteilen bestehend auffassen. Der eine
Teil ist gewöhnlich in Ruhe; er besteht aus der bekannten Glocke, der
Stange 22/21, dem Hebel 21/19, welcher mit der Gabel 10, 10/19 auf
iner Achse befestigt ist und mit dieser eine kleine Drehung um 19 machen kann,
ndlich aus der längs der Achse 13/14 verschiebbaren Hülse 9. Letztere hat
inks und rechts je einen Stift 24 und 25, welcher in die Löcher 26 und 27
der konischen Räder 5 und 6 paßt, und eine Schraube 28, welche durch
die Achse geht und infolge eines Schlitzes in derselben sich etwas in der
Achsenrichtung verschieben läßt. Die Hülse läßt sich aber nicht drehen, ohne
auch zugleich die Achse mitzunehmen. Die Gabel hat außer den Röllchen 11
und 12, welche die Hülse fassen und zur Verschiebung derselben dienen, noch
zwei Nasen, die eine links, die andere rechts. Diese haben den Zweck, bei
jeder Regulierung in die Einschnitte der Ringe 7 und 8 zu treten und
dabei die Hülse mittels der Röllchen mitzunehmen. Gleichzeitig damit ge-
schieht der Eingriff der Stifte in die Löcher, wodurch die Hülse die gleiche
Drehung annimmt, wie sie dasjenige konische Rad hat, in welches der Ein-
griff erfolgt ist. Durch die Drehung der Hülse wird aber endlich auch die
Achse 13/14 und damit das Dampfventil 17 entsprechend gedreht.

Der zweite Teil besteht aus dem Bewegungsmechanismus, der mit der
Rolle 1 beginnt und sich den konischen Rädern mittels des Schneckenrades 2,
dem Zahnrad 3 und endlich dem konischen Rad 4, 5 und 6 mitteilt. Die
konischen Räder 5 und 6 laufen leer und einander entgegengesetzt um die
Achse. Die Einschnitte der Ringe, welche auf diesen zwei konischen Rädern

*) Journ. f. Gasbel. 1876.

aufgeschraubt sind, haben den Zweck, die Nasen und damit die Hülse zeitweise auszulösen und den Eingriff zu unterbrechen.

Entsteht durch irgend welche Veranlassung eine Druckvermehrung innerhalb der Apparate zwischen Retorten und Exhaustor, so wird die Glocke der Reguliervorrichtung gehoben und durch die damit in Verbindung stehende Hebelübersetzung die Hülse 9 der Zeichnung ohne nennenswerte Kraftleistung nach links geschoben. Hierdurch wird das konische Rad 5 (auf der linken Seite) mit der Achse gekuppelt; die letztere beginnt sich zu drehen, und bewegt mittels ihres Schraubenendes die Drosselklappe in dem Sinne, daß eine Oeffnung des Dampfrohrs erfolgt. Der Gasdruck läßt nach, sobald der Exhaustor rascher arbeitet; jetzt sinkt auch die Glocke des Regulators wieder, die Kuppelung wird ausgelöst; bis auf weiteres behält die Drosselklappe die ihr vorhin erteilte Einstellung.

Der Hahnsche Regulator wird neuerdings in verbesserter, aber etwas komplizierterer Gestalt, wie der beschriebene, von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft hergestellt, und hat dieser Apparat in einigen bedeutenden Gaswerken bereits Eingang gefunden. Dieselbe Firma hat auch die bisher übliche einfache Drosselklappe in ihrer Konstruktion vervollkommnet und mit Erfolg zur Einführung gebracht. Die Wirkungsweise der gewöhnlichen Drosselklappe ist nämlich den gestellten Anforderungen nicht vollkommen entsprechend, indem die bei ihrer Bewegung jeweils freigegebene Durchlaßöffnung des Dampf- oder Gasrohres in keinem gleichbleibenden Verhältnis zu dem Drehungswinkel der Klappe, also auch nicht zum Gasdruck steht. Der neuen Drosselklappe ist nun eine Form gegeben, welche diesen gegenseitigen Beziehungen in genauer Weise Rechnung trägt.

Fig. 3 bis 5, Taf. 12, gibt die Abbildung der Drosselklappe in drei verschiedenen Stellungen: geschlossen, um 45° und 60° geöffnet; die mit a bezeichnete Figur stellt dabei jeweils die Ansicht der Klappe im Querschnitt des Rohres dar, die Figuren b die entsprechende Seitenansicht. Wie aus der Abbildung zu erkennen, ist die Drosselklappe mit Rippen versehen, welche senkrecht zur Drehungsachse verlaufen. Die ganze Klappe ist auf ihrem äußeren Umfange kugelförmig abgedreht, so daß eine Drehung derselben trotz ihrer Dicke an den Enden der Rippen innerhalb der Rohrleitung eben möglich ist. Bei einer Drehung der Klappe um ihre Achse wird der Anschluß erst allmählich aufgegeben, indem auch bei nicht mehr senkrechter Lage der Klappe bis zu 45° die Rippen der letzteren immer noch mit der Rohrwandung Fühlung halten.

Beipaß-Regulatoren. Wenn auch dem Exhaustorbetrieb vermittelst der im vorstehenden Abschnitte beschriebenen Reguliervorrichtungen ein hoher Grad der Sicherheit gegeben ist, so können doch Fälle vorkommen, bei welchen die Wirkung der Regulatoren sich als unzureichend erweist. Der Sauger kann z. B. durch irgend einen Umstand seinen Gang verlangsamen, oder er kann sogar stehen bleiben, infolge einer Störung des Motors; die Regulierung ist nicht im stande, dem entgegenzuwirken. In diesem Falle muß dem sich stauenden Gas Gelegenheit geboten werden, selbstthätig einen anderen Weg als denjenigen durch den Exhaustor hindurch zu wählen.

Hierzu zeigt sich eine Rohrverbindung als geeignet, welche den Exhaustor gänzlich umgeht, indem sie vom Leitungsrohr vor dem Sauger (Saugrohr) nach demjenigen hinter demselben (Druckrohr) führt, für gewöhnlich aber,

etwa durch hydraulischen Verschluß, abgesperrt ist. Bei stattfindendem Ueberdruck wird dann die Wasserabsperrung selbstthätig überwunden.

Als zweiter Fall ist zu berücksichtigen, daß der Exhaustor schneller arbeitet, als der Gasproduktion entspricht, und die Regulierung entweder nicht rasch genug der Druckschwankung zu folgen vermag oder ganz versagt. Man trifft hierfür die Einrichtung, daß durch ein selbstthätig sich öffnendes Ventil soviel Gas aus dem Druckrohr nach dem Saugrohr zurücktreten kann, bis in dem letzteren sich die Druckverhältnisse wieder der Leitung des Exhaustors angepaßt haben.

Dies ist im wesentlichen das Prinzip der sogenannten Umgänge oder Beipaß-Regulatoren; man kann hydraulische und trocken wirkende Apparate unterscheiden.

Elster hat für die Münchner Gasanstalt einen hydraulischen Beipaß-Regulator konstruiert. Der Apparat, Fig. 6, Taf. 12, besteht aus zwei Teilen, gußeiserne Cylinder, die aufeinander gesetzt zu einem Ganzen vereinigt sind. Der obere Teil A umschließt eine Regulatorglocke a, welche mit Luftkästen b versehen ist, so daß sie in der im Behälter befindlichen Flüssigkeit frei schwimmen kann, und nur durch Druck von oben darin weiter einzutauchen ist. Der obere Behälter steht durch ein inneres Rohrstück in Verbindung mit dem unteren; außerdem sind beide Behälter, der obere mit seiner Mitte, der untere mit seinem Boden durch ein Rohr d miteinander in Verbindung gesetzt, welches mittels eines Hahns abgeschlossen werden kann. Der untere Behälter ist durch eine wagerechte Scheidewand e geteilt; der Raum über der letzteren steht durch eine Rohrleitung in Verbindung mit dem Saugrohr, der Raum unter derselben mit dem Druckrohr des Exhaustors. Beide Räume können ferner zeitweilig durch ein in der Mitte der Scheidewand angebrachtes Ventil v, welches durch die Regulatorglocke bewegt wird, sowie auch durch Rohr c, welches durch die Scheidewand hindurchgeht und in dem unteren Behälter unter Wasser ausmündet, den Beipaß, zeitweilig verbunden werden. Eine siphonartige Röhre f, welche auf der Seite des Apparates in einiger Höhe von dessen unterem Boden angebracht ist, bewirkt, daß eine höchste Lage der Oberfläche der Sperrflüssigkeit nicht überschritten werde. Die Verteilung der letzteren in dem Apparat bei der ersten Füllung geschieht in der Weise, daß man den Apparat aus dem System des Exhaustors ausschaltet und nun bei geöffnetem Hahn des seitlichen Rohres so lange Wasser in das Regulatorgefäß eingießt, bis dasselbe aus dem Ueberlaufrohr des unteren Raumes auszufließen beginnt. Dann wird der Hahn wieder geschlossen.

Die Regulatorglocke ist so tief in das Wasser eingesenkt und durch das mit ihr verbundene Ventil in ihrer Lage festgehalten, daß der in ihr herrschende gewöhnliche Minusdruck des Saugrohrs — er mag 50 mm betragen — nicht hinreicht, um die Glocke noch weiter herabzuziehen. Dies erfolgt jedoch, sobald jener Druck überschritten wird, wenn also der Exhaustor zu rasch arbeiten sollte. Dann kann aber aus dem Raume des Apparates, welcher mit dem Druckrohr in Verbindung steht, durch das geöffnete Ventil Gas in den Saugraum zurücktreten, so lange, bis hier der Druck von — 50 mm wieder hergestellt ist. Wächst der Druck des Saugrohrs nach der anderen Seite, was bei zu langsamer Arbeit des Exhaustors oder bei dessen Stillstand erfolgen wird, so umgeht das Gas einfach den Sauger und

seinen Durchgang durch den Apparat, indem es durch Vermittelung des Umganges aus dem Saugrohr in das Druckrohr gelangt.

Klönne hat auf einen trocken wirkenden Beipaß-Regulator ein Patent erhalten. Der Apparat ist Fig. 7, Taf. 12, im Querschnitt abgebildet. Er besteht aus zwei symmetrischen Teilen, deren einer durch Stutzen A mit dem Saugrohr, der andere durch B mit dem Druckrohr des Exhaustors in Verbindung steht. Zwischen den beiden Teilen liegt das Ringstück N, welches nach innen einen Rand O trägt. Gegen den letzteren lehnt sich von unten ein brillenförmiges Ventil D, gegen dieses wieder von oben ein tellerförmiges Ventil C. Mittels beider Ventile kann der Saugraum vom Druckraum vollkommen abgesperrt werden. Das Ventil C wird durch Stange E und Schwimmer J getragen, welch letzterer in Quecksilber des Napfes G eintaucht. Das untere Ventil D wird auf ähnliche Weise durch die Stange F mit dem Schwimmer K von dem Quecksilbernapfe H aus getragen.

Gesetzt der Fall, die Saugwirkung im Teile A vermehre sich durch erhöhte Leistung des Exhaustors gegenüber der Gasproduktion, so wird das Ventil C durch den Gegendruck auf der unteren Seite emporgehoben und es tritt nunmehr Gas aus dem Druckraum in den Saugraum, so lange, bis dort wieder die normalen Verhältnisse hergestellt sind. Wächst umgekehrt der Druck im Saugrohr, so wird das Ventil D nach unten sinken und so dem Gas den Austritt in den Druckraum gestatten.

Dessauer Umlaufregler. Die zuvor beschriebenen Beipaß-Regulatoren haben das Charakteristische, daß veränderlicher Druck hinter dem Exhaustor auch den Druck vor demselben verändert. Der nachfolgend zu beschreibende Regler (Patent Oechelhäuser), von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft hergestellt und als „Dessauer Umlaufregler" eingeführt, zeigt diesen Mißstand nicht, der zum Gefolge hat, daß auch der Druck bis zur Vorlage zurück stetigen Veränderungen unterworfen ist. Die Konstruktion des Apparates ist Fig. 8, Taf. 12, dargestellt.

In dem Unterteil des Umlaufreglers, der nach der Druckseite und Saugseite des Exhaustors hin in Verbindung steht, sitzt ein ausgedrehter, von den oberen Umgangsöffnungen u und den unteren Rückströmungsöffnungen r durchbrochener Cylinder B. In diesem kann sich eine genau eingedrehte Druckscheibe D bewegen, welche durch Stange C in der schwimmenden Glocke E aufgehängt ist. Von der Glocke selbst aus führt ein Stahlband über die Rolle F; das freie Ende trägt zur Entlastung einen hohlen Gewichtscylinder G und ferner die abnehmbaren Tellergewichte T.

Spielt die Druckscheibe (D) vor den Rückströmungsöffnungen r auf und ab, so fließt Gas von der Druck- nach der Saugseite zurück; es wird also der Druck vor dem Exhaustor geregelt. Steht die Druckscheibe jedoch oberhalb der Oeffnungen u, so findet Umgang statt, indem das Gas in entgegengesetzter Richtung fließt. Bei Mittelstellung — so lange die Druckscheibe in dem geschlossenen Cylinderteil zwischen r und u steht — schließt die Scheibe jede Gasverbindung ab; der Exhaustor arbeitet in diesem Falle vollkommen normal.

Glocke E besitzt denselben Durchmesser (lichte Weite) wie die Druckscheibe, wodurch bewirkt wird, daß der Druck mit ebensoviel Querschnitt auf

: Glocke wie auf die Druckscheibe wirkt und also ein Ausgleich stattfindet; :s bezieht sich jedoch nur auf den Druck hinter dem Exhaustor. Hingen bewegt der Druck vor dem Exhaustor die Druckscheibe und stellt sich it den angehängten Gewichten ins Gleichgewicht. Der höchste Druck, bei ssen Ueberschreitung der Umgang ganz nach oben öffnen soll, wird durch :n Gewichtscylinder G ein für allemal (beispielsweise auf + 100 mm) ngestellt. Der niederste Druck, der erreicht werden darf, wird mittels der :ellergewichte T eingestellt, beispielsweise auf 0. Gesetzt, der Druck)ollte weiter sinken, so würde die Druckscheibe die Rückströmungsöffnung r fort soweit öffnen, bis das zurückgeströmte Gas wieder den Druck 0 herestellt hat. Beim Steigen des Drucks dagegen hebt sich die Scheibe fortährend bis zur Grenze des Maximaldruckes 100, bei welcher dann die :ellergewichte T auf der Stütze K zum Aufsitzen gelangen. Innerhalb iefer Grenzen der Bewegung befindet sich die Druckscheibe in dem unwirkamen Teile des Cylinders. Ein Oeffnen des Umlaufdurchganges u kann rst von statten gehen, wenn der Druck 100 überschritten wird; indem dann as Gewicht G, nur zur Ausgleichung des Druckes 100 belastet, noch tiefer inkt, und zwar sogleich so tief, bis der volle Umgang für das Gas frei ist. lach Beseitigung der Ursache (Stillstand des Exhaustors) muß die schwimnende Glocke wieder durch die Hand niedergedrückt werden. — Zur Anammlung von Teerabscheidungen dient der topfartige Untersatz A an dem lpparat, dessen Montierung auf dem Fußboden an der Hand der Zeichnung ;u erkennen ist.

Der Dessauer Umlaufregler bietet demnach die Vorteile, von dem vechselnden Druck vor dem Exhaustor völlig unabhängig zu sein und einen estimmten gleichbleibenden Druck hinter letztgenanntem Apparate herzustellen. Ferner öffnet er den vollen Umgangsquerschnitt, sobald der eingestellte Ma:imaldruck überschritten wird. In der Praxis hat sich derselbe innerhalb veniger Jahre sehr gut eingeführt. —

Für die Aufstellung des Saugapparates nebst seinen soeben besprohenen Reguliervorrichtungen gerade zwischen Skrubber und Reiniger wirkt naßgebend, daß das Rohgas jetzt von den kondensierbaren Dämpfen, Teer nd Wasser, befreit ist, welche bei früherem Einschalten den mechanisch virkenden Apparat verschmieren könnten; dann findet aber auch der Durchjang des Gases durch die Reiniger großen Widerstand, dessen Ueberwindung leichen Druck verlangt, der eben durch den Exhaustor einfach erzeugt wird.

Die Reiniger.

Das Gas tritt aus den Skrubbern in ziemlich gereinigtem Zustande. lmmoniak und Kohlensäure sind darin noch enthalten in unter gewöhnlichen lmständen zu vernachlässigenden Mengen. Desgleichen ist durch die frühere Reinigung die Menge des Schwefelwasserstoffs auf ein sehr geringes Maß urückgeführt worden. Allein hier wird die Entfernung auch der letzten

Spuren Erfordernis, dem auf alle Fälle nachgekommen werden muß, im Hinblick auf die nachteiligen Wirkungen des Schwefelwasserstoffs (worüber sich S. 18 Andeutungen finden).

Die Beseitigung des Schwefelwasserstoffs geschieht auf chemischem Wege, gegründet auf seine Eigenschaft, mit den freien Metalloxyden gleich einer Säure sich zu verbinden unter Bildung der betreffenden Schwefelverbindungen und Abscheidung von Wasser.

Wir geben die Reaktion in Beziehung auf die zwei in der Technik verwendeten Materialien: den gebrannten, gelöschten Kalk (Calciumoxydhydrat, $Ca(OH)_2$) und das Eisenoxydhydrat, $Fe_2(OH)_6$:

$$Ca(OH)_2 + H_2S = CaS + 2H_2O$$

und $Fe_2(OH)_6 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$.

Das sich im ersteren Falle bildende Schwefelcalcium ist in Wasser löslich; an der Luft wird es durch Kohlensäure zersetzt unter Entwickelung übelriechenden Schwefelwasserstoffs.

$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO3 + SH_2$$

Schwefelcalcium Kohlensäure Wasser kohlens. Kalk Schwefelwasserstoff.

Das Schwefeleisen ist in Wasser unlöslich; an feuchter Luft wird es jedoch auch zersetzt, unter Rückbildung von Eisenoxydhydrat und Ausscheidung von freiem Schwefel.

$$Fe_2S_3 + 3H_2O + 3O = Fe_2(OH)_6 + 3S$$

Schwefeleisen Wasser Sauerstoff Eisenoxydhydrat Schwefel.

Der Kalk nimmt nicht blos den Schwefelwasserstoff auf, sondern er entzieht dem Gas auch die etwa noch vorhandene Kohlensäure; auf letzteres übt das Eisenoxyd keine Wirkung aus. Ursprünglich wurde bloß Kalk zum Reinigen des Gases verwendet; seit Anfang der fünfziger Jahre das Eisenoxyd, zuerst noch in Verbindung mit Kalk als sogenannte Lamingsche Masse, später als solches allein. Durch die Lamingsche Masse wird dem Gas auch die Kohlensäure entzogen; doch nimmt der Kalk dabei auch Schwefelwasserstoff auf, und bei der späteren Regeneration entsteht übler Geruch. Die Verwendung des Eisenoxyds bringt den großen ökonomischen Vorteil, daß dieselbe Masse lange Zeit wiederholt zum Reinigen benutzt werden kann, indem das gebildete Schwefeleisen durch Aussetzen an die Luft immer wieder zu Eisenoxyd rückgebildet wird (Regeneration). Die Wiederverwendung kann so lange fortgehen, bis sich die Masse bis zu einem gewissen Grad mit ausgeschiedenem Schwefel gefüllt hat.

Die Kalkreinigung. Der Kalk wird für die Reinigung des Gases nach dem Erfinder des Verfahrens, Phillips, in der Weise zubereitet, daß man gebrannten Kalk mit soviel Wasser ablöscht, als eben hinreicht, um das Material zu einem trockenen Pulver zerfallen zu lassen, dessen einzelne Teilchen beim Befühlen schwach anhaften, aber kaum an den Fingern hängen bleiben. In dieser Form findet sich die Anweisung in der Litteratur noch vielfach verbreitet und hat es den Anschein, als ob auch in der Gastechnik hiernach gerne gearbeitet würde. Nach Schilling gelangt die Wirkung des Kalkes jedoch erst zur vollen Geltung, wenn beim Anmachen des letzteren ein geringer Ueberschuß von Wasser verwendet wird, welches

dem Kalk eine schon etwas breiige Konsistenz verleiht, so daß er beim Anfassen an der Hand kleben bleibt. Der gelöschte Kalk wird dann zur Zerkleinerung zusammenhängender Klumpen durch ein Sieb von etwa 3 cm Maschenweite getrieben und auf Horden in den Reinigerkästen ausgebreitet.

Bezüglich des Wirkungswertes der Kalkreinigung im Betriebe gibt Wurm an, daß zur Reinigung von 100 cbm Steinkohlengas 6 bis 10 kg gebrannter Kalk erforderlich werden. Der fortdauernde Aufwand an Reinigungsmittel, das nach seiner Verwendung die Wirksamkeit verloren hat und sich nun als Abfallprodukt in großen Massen anhäuft, die nicht gut anders verwendet werden, ist ein Mißstand der Kalkreinigung. Auf dieselbe kann nur da nicht verzichtet werden, wo es sich im wesentlichen um die Entfernung der Kohlensäure handelt (wie bei der Holzgasbereitung).

Die Lamingsche Masse. Eine Umwälzung in der Gasreinigung bewirkte die schon zuvor genannte Lamingsche Reinigungsmasse. Ihre Darstellung erfolgt durch Zusammenbringen von Eisenchlorid oder Eisenvitriol mit gelöschtem Kalk; die sich hierbei vollziehenden Umsetzungen verlaufen im Sinne der chemischen Gleichungen:

$$\underset{\text{Eisenchlorid}}{Fe_2Cl_6} + \underset{\text{Calciumhydrat}}{3Ca(OH)_2} = \underset{\text{Eisenoxydhydrat}}{Fe_2(OH)_6} + \underset{\text{Chlorcalcium.}}{3CaCl_2.}$$

$$\text{oder } \underset{\text{Eisenvitriol}}{Fe_2(SO_4)_3} + 3Ca(OH)_2 = Fe_2(OH)_6 + \underset{\text{Calciumsulphat.}}{3CaSO_4}$$

Dabei kann noch ein mehr oder minder großer Ueberschuß von gelöschtem Kalk mit in der Masse enthalten sein.

Der wirksame Bestandteil des Reinigungsmateriales ist hier das Eisenoxydhydrat (Laming selbst bezeichnete dasselbe, in Uebereinstimmung mit der Londoner Pharmakopöe, fälschlich als kohlensaures Eisen). Zur Erhöhung der Wirksamkeit wird das Ganze noch mit Sägespänen vermengt, welche als Träger der an sich speckigen Masse dienen, um dieselbe voluminös zu machen und ihr dadurch eine große wirksame Oberfläche zu geben.

Der Anwesenheit der Kalksalze in der Lamingschen Masse schrieb man bei der Reinigung anfänglich noch eine ganz besondere Wirkung zu, indem man sagte, daß diese die letzten Spuren Ammoniaks in Verbindung mit Kohlensäure aus dem Rohgase zu entfernen befähigt wären. Es sollte sich bei Gegenwart von schwefelsaurem Kalk (Gips) der Vorgang derart gestalten, daß sich kohlensaures Ammon damit umsetzt zu schwefelsaurem Ammon, während die Kohlensäure nunmehr an den Kalk tritt unter Bildung von kohlensaurem Kalk ($CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$). Indessen kommt dieser Wirkungsweise der Lamingschen Masse eine so untergeordnete Bedeutung zu, daß man mit der Zeit überhaupt davon abgekommen ist, das Eisenoxydhydrat als den zur Reinigung erforderlichen Bestandteil mit Kalksalzen vermischt fernerhin noch zur Anwendung zu bringen. War man doch ursprünglich nur dadurch zu dem Gemische gelangt, daß man den Kalk zur Erzeugung des Eisenoxydhydrates dem Eisensalze beimengte.

Wie oben bemerkt und durch die chemische Formel erläutert worden ist, regeneriert sich die Eisenoxydhydratmasse, nachdem sie wirkungslos geworden ist, beim Liegen an der Luft von selbst, und sie kann wiederholt im Betriebe verwendet werden. Lange Zeit glaubte man die Re

ration, in Beziehung auf die Lamingsche Masse, in der Weise erklären zu müssen, daß der Schwefel des Schwefeleisens durch den Sauerstoff der Luft nur zu ⅓ seiner gesamten Gewichtsmenge abgeschieden werde; mit dem restlichen Schwefelgehalt sollte das Eisen, nachdem es nunmehr auch Sauerstoff aufgenommen hat, schwefelsaures Eisenoxydul bilden. Aus dem letzteren sollte nun erst in einem sekundären Vorgange Eisenoxydhydrat entstehen, nämlich durch die Umsetzung des in der Lamingschen Masse im Ueberschuß vorhandenen kohlensauren Kalkes.

Die Unhaltbarkeit dieser Erklärung (welche sich auch in Graham-Ottos Lehrbuch der Chemie findet) hat Schilling durch den Versuch nachgewiesen. Er fand nämlich, daß die Menge des bei der Regeneration von Lamingscher Masse ausgeschiedenen Schwefels das Dreifache derjenigen Menge betrage, welche unter Annahme jenes Vorganges rechnerisch sich feststellen läßt. Hiernach wird bei der Regeneration sofort der gesamte Schwefel abgespalten.

Rasenstein. Nach Klärung der Frage der Eisenoxydreinigung ist man heute dazu übergegangen, das Eisenoxydhydrat für sich allein zur Reinigung des Gases zu verwenden, und stellt es zu diesem Zweck entweder auf künstlichem Wege in reinerer Form, als Laming, her, oder man bedient sich der natürlich vorkommenden Eisenoxydhydrate, welche als Rasensteine oder Wiesenerze sich gebildet haben. Dieses Mineral findet sich in den Niederungen, insbesondere Norddeutschlands, unterhalb sumpfigen Wiesen- oder Moorbodens in ausgedehnten, aber wenig mächtigen Ablagerungen. Es bildet eine derbe oder schwammartige Masse von dunkler Farbe. Das Mineral enthält nach vorliegenden Analysen etwa die Hälfte seines Gewichtes Eisenoxydhydrat und ¼ Wasser; den Rest bilden Sand und Gangart.

Luxsche Gasreinigungsmasse. Von verschiedenen Reinigungsmassen, bestehend aus Eisenoxydhydrat, die als Nebenprodukte verschiedenartiger Fabrikationen resultieren oder absichtlich zu dem Zwecke der Gasreinigung hergestellt werden, ist namentlich die Masse von Lux in Ludwigshafen a./Rh. zu nennen. Zu seiner Bereitung werden gemahlene Eisenerze mit Soda vermengt in einem Flammofen gefrittet; die hierdurch aufgeschlossene Masse wird mit Wasser fast vollkommen ausgelaugt, welches Verunreinigungen (Thonerde, Kieselsäure) in Lösung nimmt. Als unlöslicher Rückstand hinterbleibt eine Eisenoxydhydratmasse in sehr fein verteiltem Zustand. Ein Rest noch anhaftender Soda (etwa 5 Prozent) soll die Wirkung des Reinigungsmittels in besonders günstiger Weise beeinflussen, indem die Soda selbst Schwefelwasserstoff energisch aufnehmen und diesen dann an das Eisen leicht übertragen soll. In der Gastechnik hat die Luxsche Masse verbreiteten Eingang gefunden.

Prüfung der Masse. Der Wert einer Eisenreinigungsmasse, mag dieselbe künstlich dargestellt oder Naturprodukt sein, richtet sich selbstverständlich nach dem Grade ihrer Fähigkeit, Schwefelwasserstoff aufzunehmen, unter den im Betriebe vorliegenden Verhältnissen. Hierfür gibt aber keineswegs der Gehalt an Eisenoxydhydrat den allein ausschlaggebenden Maßstab ab; vielmehr ist die Oberflächenbeschaffenheit der zur Verwendung gelangenden Masse von der allergrößten Bedeutung. Der Schwefelwasserstoff vermag zunächst nur an den Berührungsflächen mit der Eisenoxydmasse sich zu verbinden; in das Innere der einzelnen Teile dringt er nur äußerst langsam ein. Je größer

daher die nutzbare Oberfläche ist, bedingt durch Rauheit, Porosität des Materials, um so günstiger im allgemeinen die Wirkung des letzteren.

In gewissen Fällen mag indessen auch die chemische Analyse schätzbare Anhaltspunkte über den zu prüfenden Wert von Reinigungsmasse zu bieten, wenn es sich nämlich um den Vergleich handelt von gleichartigen Materialien entweder des nämlichen Fundortes oder der nämlichen Art der künstlichen Herstellung.

In allen anderen Fällen — und in zuverlässigster Weise auch für diesen einen — hat man den Wirkungswert der Reinigungsmasse durch besondere, dem praktischen Betriebe möglichst angepaßte Versuche zu ermitteln, indem man nämlich direkt feststellt, wieviel Schwefel die zu vergleichenden Massen aus dem Gase aufnehmen. Zur Anstellung solcher Versuche wird nach Knublauch in der folgenden Weise verfahren.

Auf einer Röhre sind im rechten Winkel und in der nämlichen Ebene liegend mehrere Zweigröhren aufgesetzt von etwa 60 cm Länge und 5 cm Weite. Dieses gabelartige Rohrsystem wird vor den Reinigern der Betriebseinrichtung eingeschaltet, so daß das Rohgas in das gemeinschaftliche Rohr eintritt und sich in dessen Abzweigungen verteilt. Diese letzteren sind nun mit je einem Hahn versehen, an welchen sich ein Gummischlauch mit einem Glasrohre anschließt, das in ein Gefäß mit Wasser eintaucht. Die Stärke des Gasstromes in den einzelnen Zweigröhren kann nun mittels der Hähne leicht geregelt und insbesondere gleichmäßig gemacht werden, indem man die aus dem Wasser aufsteigenden Gasblasen beobachtet und womöglich ihre Zahl innerhalb einer Minute feststellt.

Gegen das gemeinschaftliche Rohr sind die Abzweigröhren durch Drahtnetze abgegrenzt; sie können von ersterem losgeschraubt werden und sind dazu bestimmt, die zu prüfenden Reinigungsmassen aufzunehmen. Zu ihrer Beschickung wird je 1 kg der Masse, nötigenfalls zerkleinert, mit 100 g Sägespänen vermengt und in ein Rohr eingefüllt. Das Gas gibt nun beim Durchgang durch diese Röhren den Inhalt derselben, den Schwefelwasserstoff ab. Nach 3 bis 5 Tagen kann man die Sättigung als beendet betrachten. Der Apparat wird wieder ausgeschalten, der Inhalt der einzelnen Röhren je auf einem Blatte Papier ausgebreitet, woselbst sich die Regeneration innerhalb eines Tages vollzieht. Die Proben werden nun noch einigemale in das Reinigungssystem eingeschaltet, jeweils aber nach ihrer Sättigung einer Prüfung unterzogen auf den vorhandenen Schwefelgehalt, berechnet auf trockene Masse, welcher nun einen Maßstab abgibt für den Wirkungswert der Masse. Auf diese Weise führte die Untersuchung dreier verschiedener Proben (a, b und c) zu den folgenden Verhältnissen:

	in 100 Gewichtsteilen der trockenen Masse		
	a.	b.	c.
Schwefelgehalt nach der I. Sättigung	10,3	7,5	8,4
„ „ „ II. „	21,9	16,2	15,5
„ „ „ III. „	23,1	20,8	20,4
„ „ „ IV. „	26,0	23,6	25,4

Hieraus ergibt sich, wenn man die Reinigungskraft der bestwirkenden Masse a zur Grundlage nimmt und dieselbe mit 100 bezeichnet im Vergleich hierzu diejenige der beiden übrigen

	I. Sättigung	II. Sättigung	III. Sättigung	IV. Sättigung
a.	100	100	100	100
b.	89,1	74,0	90	90,8
c.	70,6	70,8	88,3	97,7

Die Wirkung der Eisenreinigung im großen Betrieb muß auf alle Fälle genügen, um den Schwefelwasserstoff vollkommen aus dem Gase zu entfernen. Ueber die Erreichung dieses Zieles kann man sich stets Gewißheit verschaffen, wenn man eine hinter den Reinigern entnommene Gasprobe auf Bleipapier, d. i. mit Bleizuckerlösung getränktes und wieder getrocknetes Filtrierpapier, eine kurze Zeit lang einwirken läßt. Jede Spur von Schwefelwasserstoff wird unter Bildung von Schwefelblei das Papier dunkel färben und dadurch seine Gegenwart erkennen lassen.

Eine solche häufige Prüfung des Gases ist besonders deshalb erforderlich, weil an die Eisenoxydreiniger nicht beständig dieselben Forderungen gestellt werden. Die Schwefelwasserstoffmenge, welche innerhalb eines bestimmten Zeitraumes in die Reiniger eintritt, wechselt einmal mit dem Schwefelgehalt des Vergasungsmaterials, dann aber ganz besonders mit der Größe der Produktion. Dieselbe ist zumeist in den Wintermonaten 3 bis 4 mal so groß als im Sommer; dementsprechend wird auch der Weg des Rohgases durch die Reinigungsapparate hindurch in ersterem Falle ein beschleunigter sein gegenüber dem anderen.

In den Skrubbern wird weit weniger Schwefelwasserstoff zurückgehalten, das Rohgas gelangt mit diesem Bestandteil noch verhältnismäßig stark beladen bei dem ersten Eisenoxydreiniger an, um auch die Reihe dieser Apparate schneller zu passieren. Letztere können also unter Umständen in sehr hohem Grade in Anspruch genommen werden.

So fand man beispielsweise im Gaswerke Salisbury vor den Reinigern in 100 cbm Gas während eines Winters 1373 g Schwefelwasserstoff, während des Sommers nur 1007 g. Es dürfte bei dieser Gelegenheit interessant sein zu erfahren, daß im Jahre 1888 in dem genannten Gaswerke zur Reinigung 1 950 000 cbm Gas gelangten; diese haben, den Analysen entsprechend, an die Reinigungsmassen 23000 kg Schwefelwasserstoff oder etwa 21700 kg Schwefel abgegeben.

Verwertung gebrauchter Masse. Durch wiederholte Regeneration wird die Eisenoxydhydrat-Reinigungsmasse, wie bereits erwähnt worden ist, für den weiteren Gebrauch untauglich infolge der Anhäufung des jedesmal ausgeschiedenen Schwefels. Dieser ist es jedoch nicht allein, welcher sich in der Masse anreichert, sondern es kommen noch gewisse stickstoffhaltige Körper dazu, die den neben Schwefelwasserstoff und den anderen Verunreinigungen in dem Rohgase enthaltenen Cyanverbindungen entstammen. Von den letzteren ist bisher kaum die Rede gewesen, aus dem Grunde, weil sie im Gas in viel zu untergeordneter Menge enthalten sind, als daß sie dessen Eigenschaften irgendwie merklich beeinflussen könnten. Indessen erlangen sie für uns nunmehr dadurch Bedeutung, daß sie in den Reinigern vom Eisenoxydhydrat gleichfalls zufolge ihres Verbindungsvermögens mit letzterem zurückgehalten werden und bei längerem Gebrauch der Masse zu erheblicheren Mengen anwachsen. Die Cyanverbindungen sind aber geschätzte Produkte der chemischen Industrie und stehen hoch im Preise. Sie lassen sich, wie

ich der Schwefel, aus der gebrauchten Reinigungsmasse der Gasfabriken
scheiden und gestalten so die Eisenoxydreinigung zu einer recht lohnenden.

Ueber das Cyan, seine Bildungsweise und Vorkommen im Leuchtgase
ndet sich das Nähere S. 19. Wie Schwefelwasserstoff und Kohlensäure
itt auch Cyan im Leuchtgas in freiem Zustande oder in Verbindung mit
mmoniak auf. Es scheidet sich aus dem Rohgase in den verschiedenen
pparaten des Reinigersystems ab, zunächst in Gestalt seiner Ammonium-
lze, dann in den Eisenoxydreinigern, vorwiegend unter Bildung von Eisen-
lzen; hier wird die Entfernung von Cyan fast vollkommen bewirkt.

Nach Untersuchungen Leybolds enthält das Rohgas in den einzelnen
tadien seiner Reinigung die nachfolgenden auf Cyan berechneten Mengen
100 cbm Rohgas:

vor den Kondensatoren	203 g
nach „ „	187 g
„ „ Skrubbern	174 g
„ „ Eisenreinigern	60 g

Die Form nun, unter der sich das Cyan in der Reinigungsmasse be-
ndet, ist eine verschiedene; vorwiegend ist es darin als Schwefelcyanammon
d als Berlinerblau (Alkali-Eisencyanid) enthalten. Genaue Analysen von
ehrfach gebrauchter Lamingscher Masse liegen von Buhe vor. Dar-
ach sind enthalten in 100 Teilen Masse

nach der	1ten		4ten		8ten Reg.	
Berlinerblau	5,9	Proz.	7,8	Proz.	11,1	Proz.
Ferrocyanammon und Cyanammon	1,0	„	3,0	„	4,4	„
Schwefelcyanammon	4,7	„	7,8	„	14,1	„
Schwefelsaures Ammon	0,2	„	1,5	„	0,8	„
Schwefel	15,2	„	28,2	„	33,5	„
Eisenoxydhydrat	41,8	„	26,9	„	16,8	„
Rest (Sägespäne, Teer 2c.)	31,2	„	24,8	„	19,3	„
	100.—		100.—		100.—	

Nach Untersuchungen neueren Datums enthielten ausgenutzte Gas-
einigungsmassen der Kölner Gaswerke eine etwa 25 Prozent Ferrocyan-
alium entsprechende Menge Cyan, und ferner 48 Prozent Schwefel; be-
echnet auf getrocknete Masse.

Die mit Cyanverbindungen angereicherten Massen werden namentlich
uf Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz) und weiterhin auf Berlinerblau
erarbeitet. Die Gasindustrie deckt zur Zeit den ganzen Bedarf an Aus-
angsprodukten für Cyanpräparate; die Produktion einzelner großer Gas-
erke an diesen Verbindungen ist eine enorme. So werden aus den Gas-
einigungsmassen der deutschen und österreichischen Werke jährlich zusammen
wa 30000 Centner gelbes Blutlaugensalz, aus diesem 80 bis 100 Tonnen
u 20 Centner) Cyankalium hergestellt.

Die Reinigerkästen. Zur Aufnahme der Gasreinigungsmasse, bestehe
selbe nun aus Kalk oder aus einem der beschriebenen Eisenpräparate,
nen die Kästen Fig. 5 und 6, Taf. 13*), welche als Reiniger bezeichnet

*) Volley, Beleuchtungswesen.

werden (derselben ist auch bereits Erwähnung geschehen als der zweckdienlichen Apparate für die Aufnahme des Superphosphates bei der Ammoniakreinigung). Der einzelne Reiniger ist in der Seitenansicht und im Durchschnitt gezeichnet. Der viereckige Kasten besteht aus gußeisernen Platten o, welche an ihren umgebogenen Rändern durch Verschraubungen miteinander verbunden werden. Der obere freie Rand des Kastens bildet mit der Garnitur d eine Rinne, in welche der Rand des Kastendeckels r eingreift; sie dient zur Herstellung eines Wasserverschlusses. Deckel r ist aus Kesselblech gefertigt; seine Ecken sind mittels der Ringe u und Kette s mit einer Hebevorrichtung verbunden, so daß der Kastendeckel jederzeit mit Leichtigkeit abgehoben werden kann. Doch wird er für gewöhnlich außer durch sein eigenes Gewicht noch vermittelst des Hebelverschlusses h auf dem Kasten festgehalten. Das Einsaugventil m n gestattet, den inneren Raum des Reinigers mit der äußeren Luft in Verbindung zu setzen, was erforderlich wird, wenn der Deckel von dem Kasten abgehoben werden soll.

Im Innern des Reinigers befinden sich in wagerechter Lage übereinander angeordnete Hürden aus Holz, welche mit ihren Rändern auf an den Kastenwandungen angebrachten Leisten aufruhen. Auf diesen Hürden wird die Reinigungsmasse in etwa 10 cm hoher Schicht ausgebreitet. Leitungsrohr l führt das zu reinigende Gas von unten in den Kasten ein; es ist an seiner Einmündung mit dem Schirm b versehen, welcher das Hineinfallen von Reinigungsmasse in das Rohr verhindern soll. Das Gas durchdringt nun die Reinigungsmasse, indem es sich langsam in dem Kasten aufwärts bewegt von Hürde zu Hürde, es gelangt bei dem Deckel gereinigt an und steigt von hier durch die Abteilung c abwärts, um durch Leitungsrohr g in den Gasbehälter geführt zu werden.

Als ein zum Reiniger gehörender Apparat ist hier noch der Hebevorrichtung zu gedenken, mittels welcher die Deckel des Reinigerkastens abgehoben werden. Hierzu kann eine jede Winde dienen, wie sie in der Bautechnik zum Emporheben von Lasten gebräuchlich sind, Fig. 7, Taf. 13. Der mit Rädern versehene Apparat wird auf einer in geeigneter Höhe über den Reinigern angebrachten Bahn aufgestellt, so daß er in einer geradlinigen Richtung verschoben werden kann. Ist eine der Aufstellung der Reiniger entsprechende Verschiebung auch nach einer anderen Richtung erforderlich, so muß die Bahn selbst in dieser Richtung verschiebbar konstruiert sein. — Auch bedient man sich zum Abheben der Reinigerdeckel vielfach um ihre senkrechte Achse drehbarer Krahnen oder der Flaschenzüge.

Holman verwendet an Stelle der auf Räderübersetzungen oder dem Flaschenzug beruhenden Hebewerke eine durch Luft- oder Wasserdruck wirkende Aufziehvorrichtung. Bei derselben wird ein Kolben, welcher in einem langen hohlen Cylinder gleitet und darin durch Druck bewegt wird, mittels einer Kette mit dem Deckel des Reinigers in Verbindung gesetzt.

Wechsler. Die beschriebenen Reiniger sind in einer Anzahl von mindestens 4 Stück, bei größerer Anzahl in vielfachen von vier, zu einem System vereinigt, in welchem das zu reinigende Gas aus einem Kasten austretend jeweils in den nächstfolgenden eintritt. Jedoch bleibt ein Reiniger aus dem Betrieb ausgeschaltet, und zwar immer derjenige, in welchem die Masse am längsten der Einwirkung des Rohgases ausgesetzt war, und der nun für die Beschickung mit frischer Reinigungsmasse in Vorbereitung steht.

Diese Betriebsweise erfordert eine eigenartige Verbindung der einzelnen Reiniger unter sich, welche es gestattet, das Gas nach Belieben in jeden der Apparate eintreten oder in die Ableitung nach dem Gasbehälter gelangen zu lassen, überhaupt die Reiniger in beliebiger Reihenfolge hintereinanderschalten zu können. Die hierzu dienlichen Einrichtungen werden als Wechsler bezeichnet. Fig. 1, Taf. 14, zeigt den Wechsler Malams in Verbindung mit einer Reinigungsanlage von 2 Gruppen zu je 4 Reinigern.

Das ganze System ist in einem wagerechten Schnitt gezeichnet. Der Wechsler, deren je einer zwischen 4 Reinigungskästen aufgestellt ist, besteht im wesentlichen aus einer gußeisernen, zunächst nach oben offenen Trommel. Durch den Boden derselben ragen 10 Rohrstutzen in den inneren Raum hinein. Sie bilden Fortsetzungen der Zu- und Ableitungsröhren des Gases von oder nach der Hauptleitung und den Reinigungskästen. Die Röhren für die Verbindung mit den letzteren sitzen nahe am Umfange des Cylinders, die Zuleitung aus dem Hauptrohr in der Mitte, die Ableitung nahe dabei. Die Trommel ist bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser angefüllt, über welches die Rohrstutzen noch hinausragen. Das Wasser dient zum Abschluß einer zweiten Trommel, welche, von etwas geringerem Durchmesser als die erste, in diese hineinpaßt und nach ihrer Unterseite offen ist, so daß sie als ein Deckel die Rohrstutzen überwölbt. Sie ist durch Zwischenwände in einzelne Fächer geteilt, welche gleichfalls nach unten in den Wasserinhalt der äußeren Trommel hineinragen, so daß sie also auch nach dieser Seite hin vollkommen verschlossen sind. Die Fächer verbinden je nach der Lage der Trommel, welche zum Zwecke eines Wechsels nur etwas über die Flüssigkeitsoberfläche und die Rohrstutzen herausgehoben und gedreht zu werden braucht, entweder sämtliche Reiniger mit der Hauptleitung, oder sie schalten solche aus. Die Stellung des Wechslers auf der linken Seite der Abbildung zeigt den ersten Fall. Das Gas tritt durch Leitung F' und den mittleren Rohrstutzen bei l in den Wechsler ein; von hier aus findet es seinen Weg in das Rohr k nach dem Reiniger S. Vom Ableitungsrohr des letzteren gelangt es wieder zurück nach einem Fach des Wechslers, in welchem es den Weg nach dem nächsten Reiniger S' findet. So gelangt es weiter nach S'' und S''', bis es schließlich nach Verlassen des letzteren in dem Wechsler durch den Stutzen v mit der Hauptleitung F'' in Verbindung gesetzt ist, welche das Gas in den Sammelbehälter abführt. Der ganze Weg des Gases ist aus der Richtung der Pfeile ersichtlich. — Die rechte Hälfte der Zeichnung veranschaulicht eine Stellung des Wechslers, bei welcher ein Reiniger (S''') außer Verbindung mit dem System gesetzt ist. Das Gas gelangt hier aus der Hauptleitung F' durch Vermittelung des Wechslers gleichfalls der Reihe nach durch die Reiniger S, S' und S''. Das Ableitungsrohr von S'' ist jedoch in Verbindung gebracht mit dem Stutzen v beziehungsweise der Hauptleitung F'' nach dem Gasbehälter; die Zuführungen des Reinigers S''' nach dem Wechsler endigen dort in ein und derselbigen Abteilung, sie werden also von dieser gegen das übrige System abgeschlossen.

Zwei andere Stellungen des Wechslers sind durch Fig. 2 u. 3, Taf. 14, angedeutet; die Lage der Pfeile gibt den Verlauf des Gasstromes hinreichend zu erkennen; einer weiteren Erklärung derselben bedarf es nach dem Vorausgeschickten nicht.

So sinnreich der Malamsche Wechsler auch ausgedacht ist, haftet ihm doch ein prinzipieller Fehler an, der darin besteht, daß bei der Ver-

Inneren des Wechslers, wozu die Trommel mit ihren Scheidewänden über die Sperrflüssigkeit herausgehoben werden muß, sämtliche Rohrstutzen miteinander in Verbindung stehen und demnach auch ungereinigtes Gas in den Gasbehälter gelangen kann. Ferner findet ein beständiger Uebertritt von Schwefelwasserstoff in das gereinigte Leuchtgas dadurch statt, daß die Sperrflüssigkeit durch Sättigung mit dem unreinen Gas schwefelwasserstoffhaltig wird und in Berührung mit dem reinen Gas an dieses Schwefelwasserstoff abgibt. Wenn es sich hierbei auch nur um Spuren von Verunreinigungen handelt, so kann doch die Reinigung des Leuchtgases eine nicht mehr in dem Grade vollkommene genannt werden, wie dieselbe durch das Reinigungsverfahren selbst zu erreichen ist.

Vorrichtungen zur Umsteuerung des Gases mit Ventilen oder Schiebern, also trockenen Verschlüssen, sind ihrem Wesen nach frei von den erwähnten Nachteilen der hydraulischen Wechsler: sie werden daher häufig den letzteren gegenüber bevorzugt, obwohl sie meist komplizierter Art sind und viel Platz beanspruchen. Eine solche Anlage, der *Gasumgang von Mohr*, wird durch Fig. 8, Taf. 13, im Grundriß dargestellt (Journ. f. Gasbel. 1882). Das zwischen den 4 Reinigern liegende Netz von Röhren, welches mit diesen und mit der Hauptleitung für den Zu- und Abfluß des Gases in Verbindung steht, ist mit 12 Ventilen ausgestattet, welche zunächst erklärt werden sollen, jedoch nur soweit, als zum Verständnis der Wirkungsweise unbedingt geboten erscheint; näheres über ihre Konstruktion wird noch in einem späteren besonderen Abschnitt über Ventile mitgeteilt werden.

Die mit C bezeichneten Ventile erlauben es, die Röhren an den betreffenden Stellen einfach schließen zu können. Ventil A und B sind ihrer Konstruktion nach als Umgangsventile zu bezeichnen; sie vermitteln den Wechsel des Gasstromes in einer geraden Rohrleitung und zwei nahe beieinander liegenden Zweigröhren der letzteren, welche im vorliegenden Falle von und nach je einem Reiniger führen. Bei tiefgeschraubtem Ventil nimmt das Gas den geradlinigen Weg durch die Rohrleitung hindurch, während gleichzeitig der Zutritt zu den Zweigröhren abgesperrt ist. Wird eines dieser Ventile hingegen hochgeschraubt, so ist dem Gas der geradlinige Weg verschlossen (und zwar an der Stelle zwischen den beiden Zweigröhren), gleichzeitig aber der Weg zu einem Zweigrohre geöffnet, welches nach einem Reiniger führt; des weiteren mündet dann die Ableitung des betreffenden Reinigers frei in das Rohr hinter dem Ventile.

Anderer Konstruktion sind die Ventile B. Diese sind an den Punkten angebracht, an welchen 3 Röhren zusammentreffen. Sie haben hier als 3 Wegventile zu wirken, indem sie bei tiefgeschraubtem Verschluß dem Gase den geradlinigen Weg freilassen und die Abzweigung des Rohres verschließen; bei hochgeschraubtem Ventil öffnet sich der Zutritt zu dem letzteren, während die geradlinige Leitung unterbrochen ist.

Der *Mohr*'sche Umgang besitzt je 4 einfache Ventile, Umgangsventile und Dreiwegventile.

Aus der Anwendung dieser 3 Gruppen von Ventilen in Verbindung mit dem Rohrsystem lassen sich nun die Reiniger in der verschiedensten Weise aneinander kuppeln oder teilweise ausschalten. Die folgende Uebersicht gibt einige der möglichen Kombinationen an; die Zeichen entsprechen derjenigen der Fig. 8, Taf. 13; des weiteren bedeuten h und t die Stellung der Ventile, je nachdem dieselben *hoch* (h) oder *tief* (t) geschraubt sind.

Reiniger								Umgangsventile				Dreiwegventile				Einfache Ventile			
Eingeschaltet				Ausgeschaltet				A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4
I	II	III	IV					h	h	h	h	tt	t	t	h	h	t	t	t
I	II	III		IV				h	h	h	t	t	t	h	h	h	t	t	t
I	II			III	IV			h	h	t	t	t	h	t	h	h	t	t	t
I	III			IV	I			t	h	h	t	h	t	h	t	t	h	t	t
V	I			II	III			h	t	t	h	h	t	h	t	t	t	t	h
I				II	III	IV		h	t	t	t	h	t	t	h	h	t	t	t
				I	III	III	IV	t	t	t	t	h	t	t	h	h	t	t	t

Im ganzen sind 25 Kombinationen möglich; auf einem Schema in orstehender Weise eingetragen, können dieselben nach Belieben ausgewählt erden. Will man beispielsweise das Gas in den Reiniger II eintreten lassen nd von hier aus weiter durch III und IV nach dem Ableitungsrohr, so aß der Reiniger I außer Betrieb gesetzt ist, so hat man das Umgangsentil A_1, die Dreiwegventile B_2 und B_3, sowie die einfachen Ventile C_1, C_2 und C_3 niederzuschrauben, alle übrigen hoch. Das Gas tritt in keinen der Reiniger ein, wenn nur die Dreiwegventile B_1 und B_4, sowie das einfache Ventil C_1 hochgeschraubt sind; hierfür sind auch noch einige andere Kombinationen denkbar.

Der Betriebsgasmesser.

Nach dem Verlassen des letzten Reinigers ist das Leuchtgas als gebrauchsfertig zu betrachten und kann dasselbe nunmehr entweder unmittelbar seiner Bestimmung zugeführt werden oder in den Sammelbehälter eintreten. Es handelt sich nur noch darum, diejenigen Gasmengen zu bestimmen, welche an die einzelnen Verbraucher abgegeben werden, und dienen hierzu an den Verbrauchsstellen angebrachte Apparate, die Gasmesser oder Gasuhren, welche in einem späteren Kapitel näher zu beschreiben sind. Die Summe der dort verzeichneten Gasmengen sollte die gesamte Gasproduktion jeweils erkennen lassen. Praktisch wird dies niemals zutreffen. Der Weg des fertigen Leuchtgases vom letzten Reiniger nach dem Gasometer, der Aufenthalt in dem letzteren sowie in dem weitverzweigten Rohrnetz des Verbrauchsgebietes bieten so mannigfaltige Gelegenheiten zu Gasverlusten, die sich teilweise der Beobachtung entziehen, daß die zum Verkauf gelangte Gasmenge die Produktion nicht erreicht, sondern in schwankenden Verhältnissen stets hinter derselben zurückbleiben wird. Um die Größe dieses Gasverlustes, beziehungsweise die Höhe der Produktion unmittelbar festzustellen, und damit auch einen zahlenmäßigen Ausdruck zu erlangen für die Ertragsfähigkeit der entgasten Kohlen, st es erforderlich, auch an der Produktionsstelle einen Meßapparat aufzustellen. Man gibt der Fabrikationsgasuhr einen Platz hinter den Reinigern; sie gibt lso zunächst an, wieviel Gas, abzüglich der Verluste durch Undichtheiten 2c.

der Fabrikationsapparate, die Anstalt verläßt; und fernerhin gibt sie durch den Vergleich ihrer Angaben mit denjenigen aller Verbrauchsgasmesser zusammen zu erkennen, wieviel Gas durch Undichtheiten des weitverzweigten Rohrsystems im Verteilungsgebiet verloren gegangen ist.

Der Konstruktion nach unterscheidet sich die Betriebsgasuhr im wesentlichen in der Regel nicht von derjenigen der sogenannten nassen Gasuhren an den Verbrauchsstellen; sie ist nur eine vielfache Vergrößerung der letzteren. Bezüglich des eigentlichen Apparates soll hier nur das Prinzipielle angegeben werden; näheres über die Konstruktion findet sich in dem späteren Kapitel über „Gasuhren", auf welches hier verwiesen sei. Man denke sich eine um ihre Achse drehbare Trommel in einem Gehäuse, welches zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Die Trommel ist in radiale Fächer eingeteilt, in welche das Wasser Zutritt hat. Das Leuchtgas, welches in das Gehäuse eingeleitet wird, kann letzteres nur dadurch passieren, daß es Fach für Fach anfüllt, aus dem Wasser emporhebt und dadurch die Trommel in Umdrehung versetzt. Auf der anderen Seite des Gehäuses kann das Gas abströmen. Die Rotation der Trommel entspricht genau der Menge des hindurchgeflossenen Gases; durch ein mit der Achse verbundenes Zählwerk kann man, nach einmaliger Eichung der Gasuhr, die Gasmengen ablesen.

Ihrem Zwecke entsprechend, im Betriebe die Leuchtgasproduktion auch innerhalb kurzer Zeiträume (von etwa einer Stunde) noch mit genügender Sicherheit angeben zu können, ist die Betriebsgasuhr mit einem möglichst vollkommenen Zählwerk ausgestattet; häufig verbindet man sie auch mit einer Vorrichtung, welche den Verlauf der Produktion innerhalb einer Stunde u. s. f. graphisch zur Anschauung bringt. Diese Teile der Betriebsgasuhr sollen hier, nach Angaben **Schillings** (s. dessen Handb. f. Gasbeleuchtung) an der Hand von Abbildungen näher beschrieben werden; die letzteren sind enthalten in Fig. 4, 5 und 6, Taf. 14.

Es wird vorausgesetzt, der Fassungsraum der Gasuhrtrommel bei einmaliger Umdrehung sei 6 cbm Gas.

Die Achse der Trommel ist durch eine Seite des Gehäuses mittels Stopfbüchse hindurchgeführt und endigt mit einem Zahnrad K in einer Kapsel, welche das Zählwerk einschließt, Fig. 4. Das erwähnte Zahnrad überträgt seine Bewegung an ein nebenliegendes gleiches Zahnrad L, und dieses bringt mittels eines an seiner Achse sitzenden Rades M mit 24 Zähnen ein Rad N mit 40 Zähnen in Umdrehung, so daß das letztere sich einmal um seine Achse bewegt, sobald $\frac{40}{24} \times 6 = 10$ cbm Gas durch die Trommel der Gasuhr gegangen sind. An das Rad N schließt sich nun erst das eigentliche Zählwerk an, welches noch besonders durch Fig. 5 veranschaulicht ist. Dasselbe besteht aus einer aufeinanderfolgenden Reihe von Rädern mit je 30 Zähnen, welche durch Triebe mit abwechselnd 10 und 9 Zähnen miteinander in Verbindung stehen, wodurch die Bewegung eines jeden dritten Rades um $^9/_{10}$ verlangsamt wird gegenüber dem vorletzten, oder dieses 10 Umdrehungen erfährt, während das langsamere Rad 1 Umdrehung ausführt. In der Zeichnung ist das Rad „1" identisch mit dem oben bezeichneten Rad L. Der an demselben sitzende Trieb mit 10 Zähnen beendigt daher seine erste Umdrehung, sobald 10 cbm Gas durch den Gasmesser gegangen sind. In derselben Zeit bewegt der Trieb das Rad „2" um 10 Zähne oder

$^{5}/_{30}$ = $^{1}/_{6}$ seines Umfangs vorwärts. Der Trieb des Rades „2“ besitzt Zähne, $^{3}/_{8}$ = 3 davon greifen in das Rad „3„ ein, indem sie dieses um Zähne vorwärts bringen, oder um $^{3}/_{30}$ = $^{1}/_{10}$ seines ganzen Umfangs. Kaner sieht hieraus, daß das Rad „3“ seine erste Umdrehung beendet haben irb, wenn 100 cbm Gas durch den Gasmesser hindurchgegangen sind. In gleicher Weise drehen sich alle auf der Zeichnung mit ungeraden Nummern ersehenen Räder je einmal um ihre Achse, wenn eine bestimmte zehnfache Menge von Gas durch den Apparat gegangen ist. Die Bewegung wird ittels Zeigern auf den Rädern entsprechenden Zifferblättern, deren Umfang ie Zahlen von 1 bis 10 enthält, kenntlich gemacht. Die Zeigerscheibe ist urch Fig. 6 dargestellt.

Schreibt man sämtliche Angaben der Zifferblätter von links nach rechts ehend nebeneinander auf, so erhält man den unmittelbaren Ausdruck für die Gasmengen in Kubikmetern, welche durch den Meßapparat hindurchgetreten ind. Man erhält, da 7 Zählräder vorhanden sind und jedes einer Stelle ntspricht, die Angaben bis zu 10 Millionen Kubikmeter Gas.

Mit dem Zählwerke ist eine Einrichtung verbunden, welche den Verlauf der Produktion innerhalb eines kürzeren Zeitraumes aufzeichnet, als solcher von den Zeigern angegeben wird. Zu dem Ende ist die Achse des Rades „2“ mit einer Schnecke versehen, welche eine Welle w mit einem Rad von 10 Zähnen in Drehung versetzt, so zwar, daß die einmalige Umdrehung einem Durchgang von 300 cbm Gas entspricht. Die Welle greift mit ihrem anderen Ende in ein Rad „15“ mit 50 Zähnen ein, das sie bei jedem Umgang um ihre Achse um einen Zahn vorwärts schiebt. Der vollendete Umlauf des letzterwähnten Rades entspricht dann 50 × 300 = 15000 cbm Gas, die innerhalb 24 Stunden produziert werden mögen.

Auf dem Zifferblatte des Gasmessers befindet sich eine kreisrunde Scheibe, welche mit dem Rad „15“, parallel zu diesem, fest verbunden ist und sich der Gasentwickelung entsprechend um seine Achse dreht. Die Scheibe trägt ein Blatt Papier, auf welchem mittels eines Stiftes, welcher mit dem Zeiger einer Zeituhr in Verbindung steht, in jeder Stunde in einem bestimmten Sinne geführt wird. Durch die gleichzeitige Bewegung der Scheibe entstehen nun gekrümmte Linien, welche den Schwankungen der Produktion entsprechende Abweichungen von einem normalen Verlauf zeigen, die das Steigen oder Fallen der Gasentwickelung erkennen lassen und das Ergebnis für die Betriebskontrolle festhalten.

Der Gasbehälter (Gasometer).

Die Sammelbehälter für das Gas sind seit Anbeginn der Gasindustrie, wenn man von vorübergehenden Tastversuchen absieht, nach demselben Prinzipe gebaut worden, das wir heute noch anwenden; eine Glocke ist in eine mit Wasser gefüllte Cisterne gestülpt, in welcher sie durch das in ihrem Innern sich ansammelnde oder abfließende Gas leicht gehoben oder gesenkt wird. Diese beiden Hauptteile, die Cisterne und die Glocke, machen den Gasbehälter aus.

[illegible] werden.
[illegible]
[illegible]
[illegible] welche ein
[illegible] Di
[illegible]
[illegible] das Leben der G
[illegible]
[illegible] dem [illegible] Teil der
[illegible] anderen, oder die
[illegible]

[illegible] und mit dem Zan
[illegible] der [illegible] ein
[illegible] den [illegible]
[illegible] besonders zweit
[illegible] Man
[illegible] der
[illegible] dem [illegible] Da
[illegible] und [illegible]:
[illegible] der [illegible] durch das
[illegible] die [illegible]
[illegible] durch das [illegible] b
[illegible]

[illegible]
[illegible] zu einem b
[illegible] wenn sie der geradezu
[illegible] mehr [illegible] die
[illegible] Wenn noch zu Anfang der [illegible] Jah
[illegible] der [illegible]
[illegible] der [illegible] größte

er mit einer Skala zu versehen, deren jeder Teilstrich je nach dem Stand der Glocke über der Wasseroberfläche den Rauminhalt in Kubikmetern angibt. Dem Sammelbehälter kommt also die Bedeutung eines Gasmessers nur in beschränktem Maße zu, da er nicht die Produktion oder den Verbrauch des Gases, sondern nur den jeweiligen Vorrat zu erkennen gibt.

Gasbehälterbassin. Die Cisternen für Gasbehälter werden entweder gemauert oder in Kesselblech ausgeführt. Erstere Art wird in Steinmauerwerk oder in Zementarbeit hergestellt, die Cisterne wird entweder ganz oder auch nur teilweise in den Boden eingebaut. Als Baumaterial dienen vielfach stark gebrannte Ziegelsteine, welche mit Zement miteinander verbunden und auf der Innenseite des kreisrunden Mauerwerkes mit demselben Material verstrichen werden. Nach außen gibt man dann dem Wasserbehälter eine Verstärkung durch Sandsteinquadern oder auch nur durch eine Aufschüttung von Lehm, welcher zusammengestampft wird. Mit der Zeit ist man aber mehr und mehr dazu übergegangen, den eigentlichen Wasserbehälter vollständig in Beton auszuführen, da dieses Material den Ansprüchen der Festigkeit und Dauerhaftigkeit in der vollendetsten Weise entspricht.

Fig. 1, Taf. 15, zeigt ein Beispiel eines gemauerten Gasbehälterbassins (der Gasanstalt München) im Querschnitt, welches von Schilling gebaut und beschrieben wurde. Die Mauer ragt über die Erdoberfläche 3,87 m hervor. Die Cisterne befindet sich hier teils unter, teils über dem Boden. Der letztere ist ausgegraben bis zu einer Tiefe, welche gerade vom Grundwasserspiegel erreicht wird; es empfahl sich nicht, tiefer zu gehen, weil die beständige Trockenhaltung des Untergrundes während des Baues außerordentlich schwierig und mit zu großen Kosten verbunden ist. Zu ihrer weiteren Verstärkung ist die Ringmauer nach außen mit einer Böschung versehen, welche unter einem Winkel von ungefähr 45° ansteigt.

Das Mauerwerk des Wasserbehälters, sowohl die Ringmauer wie der Boden, ist in Ziegelstein mit Portlandcement als Bindemittel ausgeführt. Die Höhe der Ringmauer beträgt 7,65 m; ihr oberer Durchmesser 1,17 m, der untere 3,30 m, wo er mit dem Boden abschließt. Die Ringmauer ist für jede der 16 Führungssäulen, welche sie trägt, mit einer Verstärkung von 0,875 m Dicke und 2,05 m Breite versehen, welche in der Art von Pfeilern aus dem Mauerwerk hervortreten. Bei jeder Verstärkung sind in den Kamm der Ringmauer je 4 Bolzen eingelassen für die Befestigung der Säulen. Sie ist nach der Innenseite mit einem Verputz versehen, bestehend in den untersten Schichten aus der Mischung von 1 Teil Portlandcement auf 1 Teil Sand, während in den folgenden Schichten der Sand mehr und mehr durch reinen Zement verdrängt wird, bis die letzte Schicht aus diesem Material allein hergestellt ist.

Der ganze Bau des Bassins, welches einen Durchmesser von 39 m besitzt, erforderte 4149 cbm Mauerwerk, wozu 68000 kg Cement oder 164 kg auf 1 cbm verbraucht wurden. Weitere 6750 kg waren erforderlich zu dem Verputz von 2425 qm Wandfläche.

Bei den in Cement ausgeführten Bassins hatte man es bisher immer mit Betonarbeiten zu thun, wie solche seit langem schon bei Wasserbauten üblich sind. Von einer besonderen Bedeutung für den Bau der Gasometerbassins wurde neuerdings die Bauweise nach dem System Monier. Bekanntlich beruht dasselbe auf der Verbindung von Zement mit einem Gerippe

aus Eisenstangen oder Drahtnetz, wodurch eine Arbeit von ungemeiner Festigkeit und Haltbarkeit erzielt wird.

Es werden nun Monier-Bassins in der Weise ausgeführt, daß erst die Form des ganzen Wasserbehälters als ein Geflecht von Rundeisenstäben von 1 bis 2 cm Durchmesser hergestellt und dieses Gerippe sodann auf beiden Seiten mit einer 7 bis 10 cm starken Cementschicht umgeben wird. Derartige Bassins wurden bis jetzt in großer Anzahl namentlich für kleinere Anlagen ausgeführt.

Bei Anlage sehr umfangreicher Gasbehälter entspringen aus dem Bau der zugehörigen Wasserbassins bedeutende Schwierigkeiten. Abgesehen von der Masse des erforderlichen Mauerwerkes und der erheblichen Tiefe, welche man den Cisternen zu geben hat, ist die Herbeischaffung der ungeheuren Wassermassen zur Füllung dieser Becken oft mit den schwierigsten Umständen verbunden. Dem wird nun oft dadurch abgeholfen, daß man die Cisterne nicht völlig ausgräbt, sondern in ihrer Mitte einen Kegel des Bodens stehen läßt, der gegen das Versinken des Wassers etwa noch zu betonieren ist.

Derselbe konstruktive Gedanke liegt der Bauart zu Grunde, daß man für die Bassins auch geradezu nur eine doppelte Ringmauer aufführt, welche zwischen ihren Wänden eine verhältnismäßig geringe Wassermenge aufnimmt zur Tauchung der Glocke. Eine solche Anordnung zeigt beispielsweise der Bau des Hamburger Gasbehälters (50000 cbm Inhalt, Journ. f. Gasb. 1887), Fig. 9, Taf. 15. Wie ersichtlich ragt die Innenmauer daselbst nicht über die Erdoberfläche hervor. Die von ihr eingeschlossene Kreisfläche des Bodens ist nach dem Mittelpunkte zu schwach geneigt. Ein Entweichen von Gas durch die Erde hindurch und unter den Ringmauern fort nach außen steht nicht zu befürchten, da diese Mauern erst unter Grundwasser endigen und letzteres also einen Abschluß des Gases bewirkt.

Eiserne Gasbehälterbassins erhalten in neuerer Zeit immer mehr den Vorzug gegenüber gemauerten. Man nimmt an, daß etwa $^3/_4$ aller gemauerten Bassins undicht sind, fast alle mit der Zeit undicht werden und Wasser hindurchlassen, wenn nicht das äußere Grundwasser hoch genug steht, dem entgegen zu wirken. Bei den aus Eisenblech konstruierten Behältern geht man in dieser Hinsicht weit sicherer. Man baut dieselben völlig frei, entweder mit flachem Boden, der untermauert wird; oder auch, und dieses geschieht häufiger, man gibt ihm eine Wölbung nach oben, wodurch die Stabilität des Ganzen vermehrt, der Fassungsraum für das Wasser — bei gleicher Tiefe an den Seiten — vermindert und ferner noch Platz unterhalb dem Behälter gewonnen wird. Bei letzterer Konstruktionsweise errichtet man den Gasbehälter auf einer Ringmauer, in welcher man Zugänge frei läßt, um Wagen einfahren zu können ꝛc. Wohl der größte derartige Behälter wurde 1893 von den Kruppschen Werken für deren eigene Gasfabrik gebaut mit einem Fassungsraum für 37000 cbm Gas.

Gasbehälterglocken. Dieselben sind stets aus Eisenblechtafeln gefertigt, die in Größe von etwa 1 qm Fläche und 15 bis 20 kg Gewicht durch Nieten miteinander verbunden sind. Um die Nietfugen gedichtet zu halten, ist ein mit Mennige getränkter Leinwandstreifen in dieselben eingelegt. Die Glocke besitzt eine genau cylindrische Gestalt, ihre Decke ist nie ganz flach, sondern zur Erreichung höherer Festigkeit mehr oder weniger gewölbt. Das Innere der Glocke ist zur Verstärkung mit einem Eisengerippe

ausgestattet, das im allgemeinen aus einem oberen und unteren Kranz im Umfange der Glocke besteht, sowie aus Stäben, welche in senkrechter Richtung der Glocke verlaufend, die beiden Kränze miteinander verbinden; andererseits laufen von dem oberen Kranze aus als Sparren dienende Eisenrippen unter der Decke des Behälters entlang; in der Mitte vereinigen sie sich in einem Ring, welcher die einzelnen Sparren fest zusammenhält.

Die Versteifung der Decke kann auch in der Weise geschehen und dadurch vervollkommnet werden, wie durch Fig. 4, Taf. 15, gezeigt ist. Von dem mittleren Ringstück der auf vorbeschriebene Weise durch Eisensparren verstärkten Decke senkt sich eine ungefähr $1^1/_2$ m lange, gußeiserne, hohle Säule nach abwärts. Diese trägt an ihrem unteren Ende wieder einen Radkranz, von welchem aus eiserne Sparren, frei durch den Gasometerraum hindurchgehend, nach dem oberen verstärkten Rand der Glocke gespannt sind. Durch diese Hängekonstruktion wird die Decke des Gasbehälters getragen; mehrere eiserne Streben, welche von den hängenden Sparren nach den mit der Decke verbundenen eisernen Rippen führen, unterstützen die mittlere Säule in ihrer Wirkung.

Der durch die Figur dargestellte Gasbehälter, beschrieben in „Schillings Handbuch für Gasbeleuchtung“, ist für einen Inhalt von 460 cbm bemessen (Gasanstalt Eger). Die Glocke bewegt sich innerhalb 5 Säulen, welche wie gewöhnlich mittels auf dem Rande der Cisterne eingelassener Schraubenbolzen verankert sind. Der Zahl der Führungssäulen entsprechen je zwei Verstärkungsrippen im Innern der Glocke, so daß abwechselnd eine Verstärkung jeweils zwischen zwei Säulen zu liegen kommt, desgleichen eine Verstärkung hinter je eine Säule.

Die Führungsrollen der Glocke sitzen am oberen und unteren Kranze der Glocke. Sie sind aus Gußeisen und auf ihrem Umfange mit einem tiefen Einschnitt versehen, mit welchem sie die Führungsschienen umfassen. Diese letzteren befinden sich für den oberen Teil der Glocke an den Säulen, für den unteren Teil an der Bassinwand unter Wasser. Die oberen Führungsrollen sind durch Fig. 2 und 3, Taf. 15, in seitlicher und oberer Ansicht dargestellt.

Teleskop-Gasbehälter. Um bei gegebener Cisterne mehr Gas aufspeichern zu können, als ihrer Tiefe und Durchmesser entspricht, die den Fassungsraum begrenzen, stellt man die Glocke in Gestalt zweier oder mehrerer übereinandergeschobener Ringstücke dar, welche es gestatten, den cylindrischen Mantel der Glocke fernrohrartig auseinanderzuziehen, beziehungsweise die einzelnen Teile ineinanderzustecken, so daß jetzt der verkürzte Cylinder in einer Cisterne von entsprechend geringer Tiefe vollkommen untertauchen kann. Man nennt diese Behälter Teleskop-Gasbehälter, wohl auch „teleskopierte“. Ein solcher wurde bereits im Jahre 1824 von Tait gebaut. Heute wird diese Anordnung gerade bei den größeren Gasbehältern durchgeführt, so z. B. bei der S. 198 erwähnten und Fig. 9, Taf. 15, abgebildeten Hamburger Anlage.

Die Teilung der Glocke ist bei den Teleskop-Gasbehältern eine doppelte oder dreifache. Die einzelnen Ringstücke sitzen in der Weise ineinander, daß der untere Teil der ausgezogenen Glocke den nächstfolgenden umschließt und, auch bei dreifach geteilter Glocke, der obere Teil mit der Decke konzentrisch in der Mitte sich befindet. Der obere Rand eines äußeren Cylin-

ders ist nach abwärts, der untere Rand des nächstfolgenden inneren Cylinders nach aufwärts gebogen, so daß beide Ränder bei vollständig ausgezogener Glocke ineinanderhaken und bei weiterem Auftrieb der Glocke nunmehr auch der noch unter Wasser ruhende Cylinder emporgehoben wird. Gleichzeitig aber wird durch die Umbiegung der Ränder der Zweck verfolgt, die an ihrer Stelle erforderliche Dichtung der über Wasser befindlichen Glocke zu bewirken; es geschieht dies selbstthätig dadurch, daß sich die untere Rinne füllt, so lange sie noch unter Wasser sich befindet; letzteres wirkt nach dem Emporheben der Glocke über den Wasserspiegel der Cisterne als ein hydraulischer Verschluß. Selbstverständlich muß die Rinne so tief sein, daß die Höhe der Wasserfüllung dem Druck des Gases überlegen ist.

Die Geradeführung der teleskopartig gebauten Gasbehälterglocken ist etwas verschieden von derjenigen der gewöhnlichen, ungeteilten Konstruktion. Sie erfolgt wie bei jener mittels auf Führungsschienen laufender Rollen, die an den einzelnen Teilen der Glocke in nachfolgend zu besprechender Weise angeordnet sind; die Abbildungen Fig. 5 und 6, Taf. 15*), dienen als Unterlage für die Erläuterung. Gesetzt, die Gasbehälterglocke werde aus zwei Teilen, I (innen) und II (außen), gebildet. Der untere wie auch der obere Rand jedes Teiles ist mit Rollen bezw. mit Führungsschienen, welche sich gegen solche Rollen lagern, versehen; der untere Rand sei immer mit a, der obere mit b bezeichnet. Rollen an Ia, Ib und IIb laufen in bereits bekannter Art auf Schienen an den Führungssäulen, nur müssen die Rollen von II, entsprechend der weiteren Entfernung dieses Teiles von den Säulen, durch Böcke getragen werden, wie dies durch Fig. 7 und 8, Taf. 15*), in seitlicher und oberer Ansicht veranschaulicht wird. Den Rollen von Ib entgegengerichtet, nach innen gegen II, sind kleinere Rollen angebracht, die sich auf Führungsschienen auf dem Teil II der Glocke auflegen, so daß diese leicht in dem Teile I gleiten kann. In ähnlicher Weise setzt sich die Anordnung fort bei mehrfacher Gliederung der Gasbehälterglocke.

Gasbehälter mit teleskopierter Glocke sind selbstverständlich den mechanischen Einwirkungen von außen her, insbesondere dem Winde und Schneedruck in höherem Grade ausgesetzt, wie die zusammenhängenden Behälterglocken. Verschiebungen, Klemmungen oder Entgleisungen der Glocke aus den Leitschienen führen zu mißlichen Störungen des Betriebes. Man umgibt daher derartige Gasbehälter gerne mit einem besonderen leichten Gebäude, das bis zur Höhe der mit Gas vollständig gefüllten Glocke geführt und überdacht wird. Bei sehr großen Gasbehältern, wie auch die Abbildung des Hamburger Gasbehälters Fig. 9, Taf. 15, erkennen läßt, geschieht dies zumeist.

Man erreicht durch derartige Ueberbauungen zugleich den weiteren Vorteil, daß sowohl das in der Rinne der teleskopierten Glocke als auch in dem Bassin selbst befindliche Wasser bei Winterkälte nicht so leicht einfriert, wie dies bei freistehenden Gasbehältern erfolgen kann. Namentlich hat man auf die Freihaltung des Bassins von Eis Rücksicht zu nehmen. Man führt daher bei den meisten Gasometeranlagen von den oberen Schichten des im Bassin befindlichen Wassers einen Teil des letzteren beständig durch eine Rohrleitung hindurch nach einem in der Nähe des Gasometers aufgebauten Ofen, wo das Wasser in einem Kessel oder einer Schlange erwärmt und nun in einem in höherer Lage geführten Rohr wieder unter den Wasser-

*) Aus Schillings „Handbuch für Gasbeleuchtung“.

spiegel des Bassins zurückgeleitet wird. Die Strömung des Wassers erfolgt von selbst dadurch, daß das erwärmte Wasser von dem kälteren, und daher spezifisch schwereren Wasser beständig in der Leitung aufwärts geschoben wird, dasselbe Prinzip, welches bei der Central-Wasserheizungs-Anlage sich wiederfindet.

Es versteht sich von selbst, daß das Gewicht der Gasometerglocke von Einfluß ist auf den Gasdruck im Innern. Tiefstrunk hat die Formel angegeben, um aus den Abmessungen und Gewichtsverhältnissen der Gasbehälterglocke den auf das Gas ausgeübten Druck in mm Wassersäule zu berechnen. Bezeichnet man nämlich mit:

p die Druckhöhe des Gases in mm Wassersäule;
W das Gewicht der Glocke in kg;
d den Durchmesser der Glocke in m;
S das Gewicht der Seitenwände der Glocke in kg;
H die ganze Höhe der Seitenwände der Glocke in m;
h die Höhe derselben über Wasser in m;

so ist die gesuchte Druckhöhe

$$p = \frac{W}{d^2} \cdot 1{,}27 - \left(\frac{SH - h}{Hd^2}\, 0{,}1655 + 0{,}78\, h\right).$$

Für teleskopierte Glocken ist dieser Ausdruck allerdings nicht mehr zutreffend; wenn nämlich der innere Teil der Glocke noch nicht soweit aufgestiegen ist, daß seine Rinne den äußeren Teil emporhebt, so ruht das volle Gewicht des letzteren noch auf der Unterlage und ist somit an der Druckwirkung der Glocke noch nicht beteiligt. Auch für diesen Fall hat man eine Formel aufgestellt ähnlich der obigen.

Gasdruckregulatoren.

Im Großen und Ganzen verläßt das Gas den Gasometer unter stets demselben Druck, der durch das Uebergewicht der Glocke gegeben ist. Kleinere Druckschwankungen, bedingt gerade durch verschiedene Tauchhöhe des Gasometers und die Rollenreibung, gelegentlich auch durch Winddruck auf die Glocke, sind allerdings nicht zu vermeiden. Diesen Verhältnissen zunächst Rechnung zu tragen ist es notwendig, den Druck des Gases, welches nunmehr in dem Rohrnetze zur Verteilung gelangt, zu regulieren, d. h. innerhalb derselben nahen Grenzen auf gleichbleibender Höhe zu halten.

Die hierzu dienenden Apparate, kurz Regulatoren genannt, werden gleich hinter dem Gasometer in die Fernleitung des Gases, also an deren Beginn, eingeschaltet. Sie beruhen sämtlich auf dem Prinzip, den Gasdruck auf eine in Wasser gestülpte schwimmende Glocke wirken zu lassen und nur die durch Druckschwankungen hervorgerufene auf- bezw. niedergehende Bewegung der Glocke auf ein Regelventil zu übertragen, welches die Zuleitung des Gases vom Gasometer her öffnet oder schließt. Einen Regulator dieser Art, zugleich die älteste und einfachste Form, nach Clegg, führt Fig. 7,

Taf. 14, vor. In das mit Wasser gefüllte Bassin E aus Eisen führen die Gaszuleitung N und die Ableitung O, beide über Wasser ausmündend. Die Glocke A mit den Schwimmkästen s wird in spielender auf- oder niedergehender Bewegung durch die Führungsstange FF_1 gehalten. Sie ist im Gleichgewicht, wenn der Gasdruck in ihrem Innern einer ganz bestimmten Höhe entspricht, die durch das Gewicht der Glocke, abzüglich ihrem im Wasser erfahrenen Auftrieb, gegeben ist. Wächst der Druck, so wird die Glocke gehoben; nimmt derselbe ab, so sinkt sie. Nun hängt von ihrer Mitte das Kegelventil M in den oberen erweiterten, aber mit einer engeren Ausmündung n versehenen Teil des Gaszuleitungsrohrs N. Das Ergebnis der Bewegung der Glocke wird sein, daß bei abwärts geführtem Kegelventil der gesamte Querschnitt des Ausströmungsrohres sich vergrößert, bei der Aufwärtsbewegung sich hingegen vermindert. Das Gas kann also in größerer Menge in die Glocke eintreten, wenn der darin befindliche Druck abnimmt (indem etwa der Gasverbrauch gewachsen ist) und umgekehrt.

Bei späteren Formen des Cleggschen Regulators gab man der Glocke ein Gegengewicht, das über eine gewöhnliche kreisrunde Rolle lief. Da jedoch bei tieferem Eintauchen der Glocke in das Wasser ihr Gewicht sich vermindert und damit das Gegengewicht stärker wirkt, so gab man weiterhin der Rolle eine spiralförmige Gestalt; bei höherem Glockenstand wirkt jetzt das Gegengewicht, an einem längeren Hebelarm der Rolle, stärker, bei tieferem Glockenstand, an einem kürzeren Hebelarm, schwächer. Es kann auf diese Weise bei jedem Glockenstand völliges Gleichgewicht erzielt werden.

Infolge der Reibung an den Rohrwänden verliert das Gas an Geschwindigkeit, welche mit der Größe der letzteren wächst und bewirkt, daß an entfernten Punkten der Leitung das Gas in viel geringerer Menge aus den Brennern ausströmt, als am Anfang der Leitung. Um nun ersteren genügendes Gas zuzuführen, muß am Anfang der Leitung vermehrter Druck gegeben werden; und zwar besteht die Gesetzmäßigkeit, daß die erforderliche Druckvermehrung im quadratischen Verhältnis zum Konsum steht. Die Glocke muß deshalb in den Abendstunden, wo der Konsum sehr rasch zunimmt, verhältnismäßig tiefer eintauchen. Man erzielt dies dadurch, daß man das Gewicht der Glocke von Beginn der Dunkelheit an bis zum Zeitpunkt des stärksten Konsums fortwährend vermehrt. Ursprünglich legte man zu diesem Behufe in kürzeren Zeiträumen Metallgewichte auf die Decke der Glocke, später gestaltete man den oberen Teil der Glocke durch einen Rand gefäßartig und ließ einen feinen Wasserstahl auf denselben fließen. — Die Gewichte werden entsprechend weggenommen oder das Wasser abgelassen im Verhältnis, als zu späteren Abendstunden der Konsum wieder nachläßt.

Bei neueren, überaus sinnreich konstruierten Apparaten werden die verschiedenartigen besonderen Ausregulierungen auf selbstthätige Weise hervorgerufen. Insbesondere besitzt der Druckregler von Ledig die Einrichtung, daß er einen zwischen 0 und 15 mm beliebig einstellbaren Zuschußdruck gibt, sobald die regelmäßige Tagesstundenabgabe der Gasanstalt um einen kleinen Betrag überschritten wird. Eine weitere Druckerhöhung läßt er nur in dem Maße zu, daß der Druck im quadratischen Verhältnisse zur Abendabgabenmenge zunimmt, wie solches dem Gesetze der Druckzunahme entspricht; Druckverminderung geht im umgekehrten Verhältnis von statten. Ferner stellt der Ledigsche Regler nach Beendigung des Nachtverbrauchs den Tagesdruck wieder her. Dem unvermeidlichen Einfluß des veränderten Drucks bei An-

wendung von geteilten Gasometern muß durch Umstellung einer Kulisse Rechnung getragen werden.

Der Regulator von Lebig wird nach der von der „Berlin Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft" entworfenen Konstruktion Fig. 8 und 9, Taf. 14, dargestellt. Das Belastungsgefäß für die Glocke M besteht aus zwei Teilen. Das obere offene Hauptgefäß B ist in seinen Dimensionen genau berechnet, so daß nicht nur bei tieferem Einsinken der Glocke die quadratische Druckvermehrung stattfindet, sondern auch gleichzeitig der durch den Auftrieb des Wassers bedingte Gewichtsverlust der Glocke ausgeglichen wird. Das zweite, allseitig geschlossene Gefäß A, vom Hauptgefäß ringförmig umgeben, kommuniziert mit diesem nur durch Rohr e. Es dient zur Einstellung des Abendzuschußdruckes, indem durch die Lage des in einer Stopfbüchse verschiebbaren Rohres d, welches ins Freie führt, die Füllungshöhe bedingt wird. Je nachdem nämlich Rohr d mehr oder weniger tief eintaucht, wird der Abendzuschußdruck kleiner oder größer werden, da durch die Füllung ein hydraulischer Verschluß bewirkt wird und weiteres Nachfließen von Wasser nicht möglich.

Im Belastungsgefäß B wird die Füllungshöhe durch ein Ueberlaufrohr c, dessen Abschluß durch Quecksilber bewirkt ist, geregelt. Dieser Quecksilberverschluß befindet sich in einer Kammer f seitlich am Gefäß B (vergl. die vergrößerte Zeichnung dieses Teils, Fig. 9). Das überfließende Wasser gelangt direkt nach dem Wasserbehälter C des Regulators, in welchem durch Rohr l die maximale Höhe bestimmt wird. Die Lage des Ueberlaufrohres c ist nun eine derartige, daß das Belastungsgefäß B bei der höchsten Ventilstellung der Reglerglocke vollständig von Wasser entleert ist. Beim Einsinken der Glocke kann das Ueberlaufrohr entweder in eine mit der Bewegungsrichtung der Glocke gleiche oder auch entgegengesetzte Bewegung versetzt werden, deren Größe von Null an beliebig einzustellen ist. Ist sie Null, so wird sich das Gefäß stets ebenso hoch mit Wasser füllen, als die Glocke eingesunken ist, während in allen übrigen Fällen die Füllung des Gefäßes eine nach Bedarf vergrößerte oder beschleunigte sein kann. Man hat es also in der Hand, für eine gewisse Abgabe den höchsten Druck innerhalb der Gefäßgrenzen beliebig einzustellen.

Die Kulisse a a, ist in einen Hebelarm verlängert, auf welchen sich mittels einer Lenkstange die Bewegung der Reglerglocke überträgt. Der verschiebbare Kulissenstein b ist mittels eines Stahlbandes über die Rolle r mit der kleinen Rolle m verbunden. Auf dem Umfang der großen Rolle n, welche mit der kleinen fest auf derselben Achse sitzt, liegt ein Stahlband s, an dessen einem freien Ende das Ueberlaufrohr c hängt, während das andere zur Ausbalancierung ein Gegengewicht g trägt.

Sitzt nun der Kulissenstein b in der Mitte der Couliſſe a a, , so wird weder beim Heben noch beim Senken der Regulatorglocke eine Aenderung seiner Lage erfolgen. Schiebt man ihn aber beispielsweise nach rechts, so wird beim Einsinken der Glocke das Rohr c sich heben, und es füllt sich demnach Gefäß B schneller mit Wasser; schiebt man ihn nach links, so geschieht die Füllung langsamer, da ein Teil des zulaufenden Wassers wieder abfließt.

Der untere Teil E des Lebigschen Regulators dient zur Wasserabscheidung aus dem Gas.

Die übrigen Teile des Apparates bedürfen nach dem vorher beschriebenen Systeme, welches das Charakteristische bereits enthält, keiner weiteren Erklärung.

Für die Einstellung des Druckreglers sind eine Reihe von Vorschriften zu befolgen, die in voller Ausführlichkeit hier nicht wiedergegeben werden können; sie beziehen sich auf die Einstellung der Kulisse bei der höchsten Glockenlage, auf die Belastung der Glocke (durch Tellergewichte p) zur Einstellung des gewünschten Tagesdruckes, auf die Einstellung des Ueberlaufrohres, des Zuschußdruckes und des zur Zeit der Inbetriebnahme gewünschten höchsten Druckes, des Kulissenschiebers vor der Abendabgabe und für wechselnden Druck bei teleskopierten Gasometern, Einstellung eines nicht zu überschreitenden höchsten Druckes bei der größten Abgabe, sowie endlich den Wasserzulauf.

Wie aus graphischen Aufzeichnungen des vom Lebigschen Druckregler dem Gas während eines Tages gegebenen Druckes zu ersehen, entspricht der letztere, durch eine stetige Linie ausgedrückt, vollkommen dem Konsum im Verlaufe der Tageszeiten: gleichmäßiger Druck bei hellem Tag, jähes Ansteigen bis zum Maximum bei Einbruch der Nacht, allmähliche Abnahme bis zur Aufstehzeit (im Winter), nochmaliges kurzes Ansteigen und Fallen bis Tagesanbruch.

Druckmesser.

Um den Druck jederzeit beobachten zu können, unter welchem das Gas in die Rohrleitung nach der Verbrauchsstelle eintritt, oder welchen dasselbe überhaupt in irgend einem Teil der Fabrikationsapparate oder des Rohrnetzes besitzt, bedient man sich entweder einfacher Manometer, auf welchen man den Druck ablesen kann, oder selbstregistrierender Apparate. Druckmesser erster Art bestehen in einem U-förmig gebogenen Rohr, das bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist. Der eine Schenkel des Rohres wird mittels Gummischlauches mit der Gasleitung in Verbindung gesetzt; der Druck in der letzteren pflanzt sich in dem Rohr fort und läßt in dem Höhenunterschied des Wasserspiegels in beiden Rohrschenkeln seine Größe in Millimetern erkennen.

Schiele hat diesem Manometer eine etwas veränderte Form gegeben, Fig. 10, Taf. 14. In ein weites, zunächst allseitig geschlossenes Glasrohr ist ein engeres Rohr eingeschmolzen, so daß dieses mit dem einen Ende frei nach außen, mit dem anderen Ende in das innere weite Glasrohr ausmündet; das letztere steht mittels eines Tubulus und Schlauches mit der Gasleitung in Verbindung. Die Wirkungsweise dieses Druckmessers ist dieselbe, wie diejenige des erstbeschriebenen; der Höhenunterschied zwischen dem Flüssigkeitsspiegel des äußeren und des konzentrisch gelegenen inneren Rohres gibt den Gasdruck an.

Um die geringen Druckschwankungen des Gases, welche sich bei gewöhnlichen Manometern mit Wasserfüllung nur in Höhenunterschieden von Milli-

tern zu erkennen geben, dem Auge sichtbarer zu machen, bedient man sich amentlich in der Gasanstalt selbst) gern solcher Manometer, deren beide chenkel einen Winkel bilden. In dem mit Skala versehenen schwach anigenden Schenkel hat der Flüssigkeitsspiegel einen viel größeren Weg zurückulegen, um einen Höhenunterschied von 1 mm anzuzeigen, als bei senkrechtem ohre; die Teilstriche besitzen entsprechende größere Entfernung voneinander.

Ein anderer Weg bietet sich in der Wahl einer leichteren Flüssigkeit um Füllen des Manometers als Wasser. Die Größe der Druckhöhe ist ämlich gegeben durch den Gegendruck der verwendeten Flüssigkeit; eine solche, ie leichter ist, als Wasser, leistet entsprechend geringeren Gegendruck, oder le wird, umgekehrt, durch den Druck höher gehoben werden, als Wasser. Die Größe des Unterschiedes steht im umgekehrten Verhältnis zu den spezifischen Gewichten der zu vergleichenden Flüssigkeiten. Petroleum besitzt ein spezifisches Gewicht von rund 0,8, es ist daher nur $\frac{0,8}{1}$ oder $^4/_5$ mal so schwer wie Wasser; somit wird es durch denselben Druck um $^1/_4$ höher empor gehoben, als das letztere.

Lux bedient sich denn auch dieser Flüssigkeit zur Füllung seines Manometers. Er gibt gleichzeitig dem Apparat eine Gestalt, welche den Vorteil bietet, die Druckhöhen unmittelbar ablesen zu können, ohne dieselben jeweils unter Berücksichtigung der Höhendifferenz der beiden Flüssigkeitsoberflächen abmessen zu müssen. Der Apparat ist durch Fig. 11, Taf. 14, dargestellt. Er ist aus Glas geblasen und mit einem Metallrohr mit Hahn verbunden. Die beiden Schenkel des Manometers, als solche kaum mehr zu bezeichnen, sind hier einerseits vertreten durch ein Sammelgefäß von sehr weitem Querschnitt, das durch ein nach innen führendes Rohr mit der Gasleitung in Verbindung steht, andererseits durch die eigentliche Meßröhre, von engem Querschnitt, hinter welchem eine Skala angebracht ist. Die letztere wird nun in der Weise eingeteilt, daß bei einem Druck von 100 mm Wasser der Punkt der oberen Einstellung des Flüssigkeitsspiegels mit 100 bezeichnet wird, während als 0-Punkt der gemeinschaftliche Spiegel der beiden Schenkel ohne Druck gilt. Die zwischen 0 und 100 liegende Strecke wird dann in 100 gleiche Teile eingeteilt.

Ein von Schilling gebauter Apparat, Fig. 12 und 13, Taf. 14, gibt den Druck mittels Zeigers auf einer Skala an. In dem bis zu bestimmter Höhe mit Wasser gefüllten Gehäuse bewegt sich, um Scharnier d drehbar angeordnet, die durch Schwimmer a', a'' ausbalancierte Glocke a. Durch Rohr g, welches von unten in das Gehäuse eingeführt ist und in der Glocke über Wasser ausmündet, wird der Druck der Gasleitung in das Innere der Glocke verpflanzt, und wird also diese nach Maßgabe der Größe des Gasdruckes mehr oder weniger gehoben. Die Bewegung teilt sich mittels Gestänges s einem Rade r mit, welches durch Zahnübersetzung auf ein kleineres Rad t einwirkt, wie aus Zeichnung Fig. 12 ohne weiteres zu erkennen. An der Achse des Rädchens sitzt ein Zeiger, welcher auf einem Zifferblatte den Druck anzeigt, der die Glocke hebt oder senkt. Die Granierung des Zifferblattes ist auch hier auf empirischem Wege zu bewerkstelligen.

Das Einfüllen von Flüssigkeit in das Gehäuse erfolgt durch Ventil e ei gleichzeitig geöffnetem Ventil f; man gießt soviel ein, bis bei f Flüssig-

Braunkohlengasbereitung.

[illegible] der Verwendung der Braunkohle als Vergasungsmaterial
[illegible] daß dieser Brennstoff in der heutigen
[illegible] im Vergleich zur gewöhnlichen Gaskohle ver-
[illegible] der Vollständigkeit halber soll hier die Erwähnung
[illegible] Braunkohle auch für sich allein vergast
[illegible] bei den Versuchen bewenden
[illegible] Es dienten hierzu bereits
[illegible] Braunkohlengasfabrikation, die sich jedoch in-
[illegible] da die Kondensationsanlagen nicht
[illegible] um die großen Mengen des im Braun-
[illegible] von dem hohen Gehalt an
[illegible] vollkommen zu verdichten und
[illegible] daß die Ausscheidung auch der letzten Teer-
[illegible] Es müssen aber, um dies zu bewirken, den ent-
[illegible] größere Dimensionen gegeben werden.

[illegible] höheren Schwefelgehalt der Braunkohle führt
[illegible] zum wenigsten der Konsum an Reinigungs-
[illegible] und vielfach die Anzahl der Reiniger zu vermehren
[illegible]

Die Torfgasbereitung.

[illegible] Torf mittels trockener Destillation
[illegible] größeren Versuche hinausgekommen. Die
[illegible] Einrichtungen bereits vorhandener
[illegible] mittels solcher abgeänderter Ap-
[illegible] und welche noch später be-
[illegible]

[illegible] reichen, bedarf es zur Dar-
[illegible] Reinigung von Kohlensäure
[illegible] in größeren Mengen auf-
[illegible] Dementsprechend müssen auch die
[illegible] Als Reinigungsmaterial wurde
[illegible] gebracht, der in den Reinigern
[illegible] Stelle über Kalkreinigung
[illegible] Kohlensäure wie auch der
[illegible]

[illegible] Torfgasbereitung eingerichtete Anstalt
[illegible] Jahre 1859. Es handelt sich dabei um die Torf-
[illegible] neben einer solchen in Heide die einzige, welche

wir in Deutschland besessen haben. Wenn dieselbe auch wieder eingegangen ist und nur mehr ein historisches Interesse bietet, so lehrt uns die Beschreibung derselben doch, nach welcher Richtung hin das Verhalten des Torfes bei der trockenen Destillation die Form der hierzu dienlichen Apparate beeinflußt hat.

Die erwähnte Torfgasanstalt besaß 3 Oefen mit je einer Retorte; der Durchschnitt einer solchen Anlage mit der zugehörenden Vorlage wird durch Fig. 1 und 2, Taf. 16, veranschaulicht (Journ. f. Gasb.). Die Feuerung ist eine gewöhnliche Rostfeuerung, wie dieselbe bei den Gasöfen älterer Konstruktion allgemein üblich ist. Der Raum unter derselben, welcher den Aschenfall bildet, ist mit einer Pfanne ausgestattet, in welcher sich Wasser befindet. Als Heizmaterial diente außer dem bei der Vergasung erhaltenen Torfkoks noch gewöhnlicher Steinkohlenkoks, auch Torf konnte zur Heizung verwendet werden.

Der Feuerraum, welcher sich von der eigentlichen Herdstelle aus bis an die Rückwand des Ofens fortsetzt, wird nach oben begrenzt durch die Retorte, beziehungsweise durch eine unterhalb der Retorte angebrachte Schutzplatte, von welcher noch die Rede sein wird. Nach der Seite hin besitzt der Feuerraum Wände aus feuerfestem Thon, welche Oeffnungen zwischen sich frei lassen, durch welche die Feuergase zu beiden Seiten der Retorte empor und über derselben zusammenschlagen. Die Verbrennungsprodukte teilen sich dann wieder, indem sie durch zwei am Scheitel des Ofengewölbes angebrachte Oeffnungen in einen gemeinschaftlichen Kanal gelangen, welcher noch innerhalb des Ofens sich befindet, um erst von hier aus nach dem Schornstein abgeführt zu werden.

Zu dem beschriebenen Ofen kommen nur eiserne Retorten zur Anwendung, welche zum Schutz gegen das unmittelbar anschlagende Feuer nach unten und nach beiden Seiten von Schamottesteinen und Platten umgeben sind. Die Form des Retortenquerschnittes ist diejenige eines ⌂ mit etwas nach unten ausgebauchter Sohle, die lichte Weite beträgt 0,6 m, die Höhe 0,40 m und die Länge der Retorte 2,37 m.

Charakteristisch für die Torfgasretorte ist nun die Anordnung, mittels welcher dem Gas ein möglichst langer Weg innerhalb des Ofens, beziehungsweise eine große Berührungsfläche mit den erhitzten Wandungen geboten werden soll, um die Ueberführung der leichtflüchtigen Destillationsprodukte in permanente Gase zu bewerkstelligen. Wir begegnen damit bereits hier einem Prinzip in der Bauart der Apparate, welches aus der Holzgasfabrikation herübergenommen ist; das wesentliche desselben soll hier schon erläutert werden, soweit es zum Verständnis der Torfgasbereitung erforderlich ist.

Auf dem Rücken der Retorte verlaufen in deren Länge die Züge 1, 2, 3, wie die Retorte selbst aus Eisen gefertigt. Der Zug 1 steht an seinem vorderen Ende durch eine Oeffnung nach unten in die Retorte mit dieser in Verbindung. An dem hinteren Ende ist die Zwischenwand der Züge 1 und 2 durchbrochen, desgleichen an dem vorderen Ende von 2 und 3, so daß also die entstehenden Destillationsprodukte aus der Retorte in der Nähe des Retortenkopfes in die Züge eintreten, diese der Reihe nach durchspielen und schließlich am hinteren Ende des Zuges 3 angelangen. Letzterer ist verlängert zu einem röhrenförmigen Ansatz, welcher durch die Rückwand des Retortenofens hindurch führt und hier einen Flantsch trägt.

An Stelle des Aufsteigrohres führt ein 15 cm weites Rohr a das aus dem letzterwähnten Rohransatz entweichende Gas in abwärts gerichteter

Lage nach der Hydraulik. Dieselbe, B, befindet sich außerhalb des Retortenhauses; sie ist nur durch ein Dach gegen atmosphärische Niederschläge geschützt. In ihrer Gestalt denjenigen gleich, welche bei der Steinkohlengasbereitung üblich sind, besitzt sie nur größeren Rauminhalt wie jene und wird von außen durch Wasser gekühlt, wozu sie in einem gemauerten Bassin eingebettet ist. Es wurde sogar empfohlen, die Vorlage womöglich durch fließendes Wasser zu kühlen.

Die Ableitung des in der Vorlage abgeschiedenen Teers erfolgt in gleicher Weise, wie für die Steinkohlengasbereitung gezeigt wurde (vergl. S. 155), nach einer gemeinsamen Grube, während die gasförmigen Produkte nach dem Reinigungshaus geführt werden. Auch die Apparate des letzteren bieten uns im Hinblick auf ihre Konstruktion nichts Neues.

Der Kondensator, ein einfacher Röhrenkühler, besteht aus 12 auf- und absteigenden Röhren von 3 m Länge und 15 cm Durchmesser.

Es folgt ein Skubber, welcher mit Holzspänen gefüllt ist; diese werden durch von oben herabfließendes Wasser feucht erhalten. Ein Wascher übernimmt sodann die Entfernung der letzten Anteile von Ammoniak.

Die Reinigung des Gases mit Kalk bildet, wie bereits erwähnt wurde, den wichtigsten Punkt in der Torfgasbereitung. Hierzu hat man in der beschriebenen Anstalt für jedes Reinigungssystem zwei Reiniger aufgestellt. Die Kästen sind 2,4 m lang und 1,2 m breit. In einem jeden sind 4 aus Weiden geflochtene Hürden übereinander angebracht, auf welchen der gelöschte Kalk ausgebreitet wird. Zur Beschickung eines Reinigers waren etwa 150 kg gewöhnlicher Kalk erforderlich, welche Menge zur Reinigung von 122 cbm Gas hinreichte.

Das gereinigte Gas gelangt durch den Betriebsgasmesser in den Gasbehälter und von hier aus in das Rohrnetz, wobei sein Druck durch einen Regulator geregelt wird. —

Die zur Reinigung erforderlichen ungeheuren Kalkmengen werden wohl dafür ausschlaggebend gewesen sein, daß man von der Torfgasbereitung nach einigen versuchsweisen Anläufen immer wieder Abstand genommen hat, obgleich die Ergebnisse im Hinblick auf Gasausbeute und Beschaffenheit des Leuchtgases nach den vorliegenden Berichten fast einstimmig als günstige anerkannt werden. Es wirft sich hier die Frage auf, ob die Reinigung des Torfrohgases nicht mittels Ammoniak nach dem Hillsschen Verfahren, welches S. 168 beschrieben wurde, sich praktisch bewerkstelligen ließe, um die umständliche und kostspielige Kalkreinigung in Fortfall geraten zu lassen. Die letzten Spuren von Schwefelwasserstoff müßten dann durch Eisenoxydreiniger entfernt werden.

Neuerdings wird Torf in einem ganz besonders hierzu konstruierten Apparatensystem auf Gas verarbeitet. Die betreffende Methode weicht jedoch in ihrem Prinzip zu weit ab von derjenigen der trockenen Destillation, daß die Beschreibung der hierzu erforderlichen Apparate nicht in den Rahmen der augenblicklichen Darstellung hineinpaßt, indem sie in einer Kombination von Wassergaserzeugung und trockener Destillation besteht. Ueberdies hat dieselbe zunächst nur die Erstellung eines billigen Heizgases im Auge, während von der Verwendung des Gases zu Zwecken der Beleuchtung abgesehen wird und auch dieses Torfgas ohne weiteres dazu nicht geeigenschaftet ist.

Die Holzgasbereitung.

Der Erzeugung von Leuchtgas aus Torf, die zuvor abgehandelt wurde, schließt sich die Holzgasbereitung auch hinsichtlich der Fabrikationseinrichtungen aufs engste an, entsprechend der großen Aehnlichkeit des Verhaltens der beiden Arten von Brennstoffen bei der trockenen Destillation. Sie ist der Torfvergasung der Zeit nach vorausgegangen und übertrifft dieselbe heute noch an Bedeutung, da sie an einzelnen Orten immer noch Anwendung findet. Die dafür maßgebenden Gesichtspunkte sind in dem allgemeinen Abschnitte über das Holz in seiner Bedeutung als Vergasungsmaterial bereits gekennzeichnet worden. Daselbst wurde auch in groben Umrissen gezeigt, welcher Art die Apparate zur Herstellung von Holzgas beschaffen sein müssen, wie sich solches aus den Studien Pettenkofers, des Erfinders der Holzgasfabrikation, ergeben hat.

Um auf diesen Punkt nochmals hier zurückzugreifen, sei daran erinnert, daß es bei der Vergasung von Holz vor allem darauf ankommt, den flüchtigen Zersetzungsprodukten Gelegenheit zu bieten, möglichst lange in den Retortenräumen zu bleiben und daselbst mit den hocherhitzten Wänden in Berührung zu treten. Dies erreicht man auch, wie thatsächlich bei den ersten Versuchen geschah, dadurch, daß man das Holz in einem gußeisernen Rohre erhitzt, welches zu $^1/_3$ mit Eisenstücken gefüllt ist. Das Holz wurde erst eingebracht, nachdem das Rohr und die Eisenstücke auf hellrote Glut gekommen waren.

Indem man zur Holzgasfabrikation im Maßstabe des großen Betriebs überging, gab man dem Behälter, in welchem sich die Destillation des Holzes und weiterhin die Zersetzung der Dämpfe zu vollziehen hatte, eine Form, die sich in zwei getrennten Teilen den entsprechenden Vorgängen anpaßte. Als eigentlicher Destillationsraum diente eine gewöhnliche Gasretorte aus Eisen, welche mit Holz geladen wurde. An diese schloß sich ein Röhrensystem an, welches in hin- und hergehenden Zügen auf der Oberfläche der Retorte und in deren Längsrichtung verlief, so daß die Röhren in Bezug auf den Empfang von Wärme innerhalb des Ofenraumes der eigentlichen Retorte selbst nicht nachstanden. Die in der Retorte entwickelten Dämpfe wurden, indem sie sich den langen Weg der Züge hindurch bewegten, vollständig zu permanenten Gasen umgewandelt.

In der soeben beschriebenen Form stimmt die Konstruktion der Holzgasretorte völlig überein mit derjenigen, welche wir bereits in der bei der Torfgasbereitung in Anwendung gebrachten Vergasungseinrichtung kennen gelernt haben, und kann auch bezüglich einer Zeichnung auf die zu jenem Abschnitt gehörigen Fig. 1 und 2, Taf. 16, verwiesen werden.

Der beschriebene Destillationsapparat für Holz genügte seiner Aufgabe vollkommen, da das erzielte Leuchtgas nichts zu wünschen übrig ließ. Er konnte sich aber mit seinem komplizierten Bau für die Praxis nicht bewähren im Vergleich zu der viel einfacheren Konstruktion der Retorte für Steinkohlengas, gegen welches doch die Konkurrenz anzustrengen war. Indessen fand das Problem bald dadurch eine befriedigende Lösung, daß man einfach Retorten gewöhnlicher Gestalt, wie für Steinkohle, zur Anwendung brachte, welchen man aber so große Abmessungen gab, daß sie der gewöhnlichen Holz-

ladung gegenüber einen etwa dreifachen Raum darbieten. In diesem Falle sind es die Wandungen der Retorte selbst, welche diejenigen des Rohrsystems der letzterwähnten Konstruktionsweise ersetzen. Man wird leicht einsehen, daß sich die Gase den dreifachen Betrag der Zeit in der Retorte aufhalten müssen, wobei sie in erhöhtem Grade Gelegenheit haben, mit deren erhitzten Wandungen in Berührung zu kommen.

Auf der ehemaligen Holzgasanstalt des Münchner Bahnhofes, welche die erste ihrer Art war, wurde zu Anfang die Retorte jeweils mit 60 kg Holz beschickt. Die Destillation war nach 1 $^1/_2$ Stunden als beendigt zu betrachten. Später vergaste man in Retorten mit einer Füllung von 90 kg.

Das Gaswerk Reichenhall, die einzige zur Zeit noch in Deutschland bestehende Holzgasfabrik (s. S. 96), arbeitet mit Schamotteretorten von 2,70 m Länge, 62 cm Breite und 35 cm Höhe. Stündlich findet eine Beschickung der Retorten statt. Die Anstalt besitzt einen Zweierofen und einen Einerofen mit Rostfeuerung, sowie einen Einerofen mit Schachtfeuerung. Es werden im Jahr 78000 cbm Gas erzeugt.

Die Hervorhebung eines Vorzuges der Holzgasbereitung gegenüber der Kohlengasfabrikation, welche im Verhalten der Gasretorten bei den beiderartigen Fabrikationsweisen zur Geltung kommt, findet an dieser Stelle geeigneten Platz. Die geringeren Wärmegrade, welche zur Entgasung des Holzes erforderlich sind und damit im Zusammenhang die kürzere Destillationsdauer bedingen eine außerordentliche Schonung der Retorten, mögen diese nun aus Eisen bestehen oder aus Schamotte, wie man solche später (in Reichenhall seit 1878) zur Verwendung brachte. Hierzu kommt noch, daß auch die chemische Einwirkung des Holzgases auf eiserne Retorten eine geringe ist, dank der Abwesenheit von Schwefel im Holze. Die durch die angedeuteten Verhältnisse gebotenen Vorteile sind von genügend großem Einfluß, daß sie deutlich empfunden werden können; und nicht zum wenigsten haben sie dazu beigetragen, daß die Holzgasfabrikation zu einer Zeit, die ihr allerdings auch in anderer Beziehung Vorteile bot, sehr günstige Aufnahme fand und daß dieselbe anfangs sogar bestehende Kohlengasanlagen verdrängen konnte.

Die Reinigung des rohen Holzgases bereitet zunächst keine weiteren Schwierigkeiten. Sie ist sogar in mancher Beziehung eine einfachere wegen des fast gänzlichen Fehlens von Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Sehen wir vorläufig ab von der Beseitigung der Kohlensäure, so erfordert die Reinigung des Rohgases zur Entfernung der teerartigen und wässerigen Produkte dieselben Vorkehrungen, welche heute in der Steinkohlengasfabrikation üblich sind. Man darf dabei jedoch nicht außer acht lassen, daß der viel raschere Verlauf der Destillation und infolgedessen die größere Menge Gases, welche in der Zeiteinheit durch das Apparatensystem hindurchfließt, entsprechend geräumige Einrichtungen (große Kühlflächen) erheischt; dazu kommen noch Besonderheiten des Holzrohgases, die gleichfalls im Sinne einer vollständigeren Reinigung berücksichtigt werden müssen, wie wir noch sehen werden.

Die Rohrleitung, welche das Gas von der Retorte nach der Vorlage führt — entsprechend der Aufsteigröhre — besitzt eine Weite von 15 bis 20 cm.

Die Vorlage ist etwa in derselben Weise eingerichtet, wie der bereits bei der Torfgasbereitung beschriebene Apparat. Bei größeren Anlagen gibt man der Vorlage gerne die Muldenform, bei welcher dann die Aufsteigröhren

sämtlicher Retorten durch den flachen Deckel der Vorlage hindurch in diese einmünden. Die Kühlung der letzteren durch fließendes Wasser ist hier ein Bedürfnis, bedingt durch die Natur der bei der Destillation des Holzes auftretenden Dämpfe, welche verdichtet werden müssen. Wenn wir die elementare Zusammensetzung des Holzes ins Auge fassen, so muß der hohe Sauerstoffgehalt desselben auffallen. Derselbe beträgt im Durchschnitt für sämtliche Holzarten etwa 42 Prozent (vergl. S. 69). Denkt man sich diese ganze Sauerstoffmenge mit dem gleichzeitig im Holze vorhandenen Wasserstoff (6 Prozent) zu Wasser verbunden, wozu 2,6 Prozent des vorhandenen Wasserstoffs erforderlich sind, so würde dies einer Erzeugung von rund 45 kg Wasser aus 100 kg Holzsubstanz entsprechen. Diese Menge erzeugten Wassers wird nun zwar nicht erreicht; eine erhebliche Menge des Sauerstoffs wird vielmehr zur Bildung von Kohlensäure verwendet, eine kleinere Menge verbindet sich mit Kohlenstoff und Wasserstoff zu flüssigen Körpern von säureähnlichem Charakter. Immerhin ist die Menge des entstehenden Wasserdampfes eine sehr große, und muß das Rohgas daher, entsprechend der bedeutenden im Wasserdampf enthaltenen Wärmemenge, stark gekühlt werden, wenn die Wasserabscheidung schon in der Vorlage ihren Anfang nehmen soll. Wo daher genügende Mengen fließendes Wasser zur Verfügung stehen — und dies wird ja in für die Holzgasbereitung günstigen Gegenden meistens der Fall sein — bereitet die Kondensation keine weiteren Schwierigkeiten. Auf alle Fälle ist es zweckmäßig, das Holz vor der Vergasung auszutrocknen, so daß es wenigstens von seiner in den Poren enthaltenen Feuchtigkeit befreit werde. Zu dem Ende stapelt man das Holz, welches nach einer bestimmten kurzen Frist zur Vergasung gelangen soll, auf dem Retortenofen auf, woselbst es durch die ausstrahlende und sonst doch verloren gehende Wärme ausgetrocknet wird.

Die nämlichen Gesichtspunkte kommen auch bei Anlage der Kondensatoren in Betracht, welche gleichfalls zweckmäßig auf Wasserkühlung einzurichten sind. Sollte dies hier nicht leicht durchzuführen sein, so empfiehlt es sich, um die zu großen Abmessungen vermeiden zu können, welche die Aufstellung einfacher Röhrenkondensatoren zur Bedingung machen würden, an deren Stelle Kondensatoren mit doppeltem Mantel in Anwendung zu bringen, deren innerer Cylinder zur Hervorbringung eines kräftigen Luftzuges über Dach geführt wird. Im übrigen ist über die Konstruktion der Kondensatoren für die Holzgasbereitung nichts weiter hinzuzufügen, da sie sich in nichts unterscheiden von denjenigen der Steinkohlengastechnik. Das gilt auch in Bezug auf die Konstruktion der Skrubber.

Nächst der Behandlungsweise des Holzes bei der Destillation zur Erlangung leuchtenden Gases kommt der Reinigung des erzielten Rohgases von Kohlensäure die wichtigste Bedeutung in der Holzgasfabrikation zu (vergl. S. 96). Wie wir bereits gesehen haben, wird dieselbe allgemein mittels Kalk bewirkt. Diese Methode ist eine sehr kostspielige wegen der unverhältnismäßig großen Mengen an Material, welches die Reinigung erfordert, ohne daß sich ein praktischer Weg zur Regeneration der gebrauchten Reinigungsmasse finden läßt. Der bei der Absorption der Kohlensäure durch gebrannten Kalk sich vollziehende Vorgang verläuft im Sinne der chemischen Formel: $CaO + CO_2 = CaCO_3$ (wir sehen dabei ab von der für die Reaktion erforderlichen Wassermenge). Es sind, wenn man diesem Ausdruck die Gewichtsverhältnisse zu Grunde legt, zur Aufnahme von 1 kg Kohlensäure 1,3 kg

Kalk (gebrannt, ungelöscht) erforderlich. 1 cbm Kohlensäure wiegt beiläufig 2 kg, diese Raummenge Kohlensäuregases beansprucht ungefähr 2,5 kg Kalk. Da nun das Holzrohgas zu $^1/_5$ bis $^1/_4$ aus Kohlensäure besteht, so erfordert jedes Kubikmeter desselben zu seiner Reinigung theoretisch 500 bis 600 g Kalk, oder 100 cbm brauchen 50 bis 60 kg Kalk.

Dieses Verhältnis gestaltet sich noch ungünstiger im Betriebe der Holzgasanstalten selbst. Die dort zur Reinigung von 100 cbm Holzgas verwendeten Kalkmengen belaufen sich, wie aus einer Statistik hervorgeht, auf 77 bis 130 kg. Dies ist etwa die zehnfache Menge des zur Reinigung von Steinkohlengas erforderlichen Kalkes. Nimmt man die in 100 Raumteilen Holzgas enthaltene Kohlensäuremenge als den vierten Teil betragend an, so kommen im Betriebe auf 1 cbm Kohlensäure 3 bis 5 kg Kalk. Es ist auch naheliegend, daß der abgelöschte und als ein loses Pulver auf den Horden der Reinigungskästen ausgebreitete Kalk nicht seine volle Wirkung entfalten kann, dieselbe wird sich vielmehr in dem Maße verlangsamen, als von der Oberfläche der einzelnen Kalkteilchen aus die Kohlensäure immer tiefer nach innen dringen muß, um noch aufnahmefähigen Kalk anzutreffen. Praktisch wird sich daher der Kalk für die Reinigung bereits vorher erschöpft haben, bevor derselbe vollständig mit Kohlensäure gesättigt ist.

Dazu kommt noch eine lästige Eigenschaft des schwach gelöschten Kalkes, so wie er bei der Holzgasbereitung zur Verwendung kommt, beim Entleeren der Reinigerkästen zu stäuben und dabei, namentlich infolge der anhaftenden kreosotartigen Bestandteile, die Augen der Arbeiter in höchst empfindsamer Weise zu reizen.

Eine günstiger sich gestaltende Ausnutzung des Kalkes würde sich bei der Verwendung desselben als Kalkmilch bieten, mit welcher man das Gas auswäscht. Die hierbei bedingten großen Flüssigkeitsmengen, die Umständlichkeit in deren Zubereitung, sowie die umfangreiche Konstruktion der hierzu erforderlichen Apparate werden die hauptsächlichste Veranlassung abgegeben haben, von dem angedeuteten Wege abzusehen.

Was die Konstruktion der Reiniger betrifft, so ist hier nichts weiteres mehr hinzuzufügen, als was bereits bei der Steinkohlengasbereitung und insbesondere noch bei derjenigen des Torfgases gesagt wurde. Dasselbe gilt auch in Bezug auf sämtliche übrigen zur Holzgasfabrikation gehörenden Einrichtungen.

C. Oelgas.

In der orientierenden Einleitung des technischen Teils (S. 120) ist schon bemerkt worden, daß sämtliche flüssigen Brennstoffe, sowie diejenigen, welche sich durch Erwärmung in den tropfbarflüssigen Zustand überführen lassen, hinsichtlich der zu ihrer Vergasung erforderlichen Apparate unter einer einzigen Gruppe zusammenzufassen sind. Auch der Sprachgebrauch macht in der Regel keinen Unterschied zwischen den durch trockene Destillation der Mineralöle und der Fette gewonnenen Gasarten, beide werden als Oelgas bezeichnet; insbesondere spricht man wohl auch von Fettgas. Dem gegenüber unterscheidet man auf alle Fälle das Harzgas, lediglich wegen der abweichenden äußeren Eigenschaften dieses Materials. Seiner Verarbeitung auf Gas entsprechend kann es jedoch ohne Bedenken mit der Oelgasbereitung zusammen abgehandelt werden. Es möge daher auch gestattet sein, im folgenden stets nur von Oelgas zu sprechen, wenn nicht Eigentümlichkeiten der namentlich zur Bereitung des Gases aus Harzen, Pech u. s. f. dienenden Apparate besonders hervorgehoben werden sollen.

Retorten und Retortenöfen. Auf keinem Gebiet der gesamten Gastechnik sind wohl so verschiedenartig voneinander abweichende Formen von zu ein und demselben Zwecke dienenden Apparaten hervorgebracht worden, wie gerade bei der Oelgasbereitung. Der Grund hierfür mag darin zu suchen sein, daß die Anlagen für diese Fabrikationsweise stets von kleinerem Umfange und überall hin an einzelne Punkte gestreut sind, wo sie, meist nur zum Nutzen jeweils einer einzelnen Privatunternehmung, sich der allgemeinen Kritik mehr zu entziehen vermögen, als dies etwa bei den in großartigem Stile angelegten Steinkohlengaswerken der Fall ist, namentlich seitdem diese durch die Vereinigung der deutschen Gasfachmänner mehr den Charakter einer einzigen großen Industrie angenommen haben, für welche alle Errungenschaften auf dem Gebiete des Gases ein Gemeingut bilden. Man kann daher erwarten, daß hier stets nur das Beste Eingang findet. Umgekehrt gestaltet sich dies nach der Lage der angedeuteten Verhältnisse bei der Oelgasbereitung; hier läßt es sich in der That schwer angeben, einem welchen System ein verdienter Vorzug zu geben sei. Genaue, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhende Vergleiche, welche den Wert oder Unwert eines Systems gegenüber einem anderen erkennen ließen, liegen nicht vor. Vielmehr ist eine jede Anlage, wenn man dem Berichte des Konstrukteurs oder Erfinders Gehör schenken soll, die beste.

Und doch wäre gerade die Oelgasbereitung, ihrer eminenten Bedeutung wegen, einer sachgemäßeren Behandlung würdig, zumal man in der jetzigen Zeit ihre Existenzfähigkeit vielerorts der elektrischen Beleuchtung gegenüber in Frage gestellt sieht.

Der wichtigste Teil der Apparate zur Oelgasbereitung, die Retorten, zeigen in ihrer Gestalt die größten Verschiedenheiten. Man hat liegende wie stehende Retorten von cylindrischem oder konischem Längsschnitt und rundem, ovalem oder ⌓-förmigem Querschnitt. Als eine mittlere Form der genannten Arten von Retorten kann eine solche von kugeliger oder kesselförmiger Gestalt angesehen werden. Nicht selten ist auch das Innere der Retorte mit Seitenrippen oder Lamellen ausgestattet, um hier eine möglichst große erhitzte Oberfläche gegenüber dem Vergasungsmaterial darzubieten. Man muß nämlich bedenken, auf welche Weise die flüssigen Brennstoffe zu vergasen sind. Dieselben werden ausschließlich in der Weise der Retorte zugeführt, daß man sie in einem dünnen Strahle auf eine Stelle der stark erhitzten Retortenwandung beständig auffließen läßt. Das Oel verdampft zunächst, wenn es nicht hierbei schon teilweise in einfachere Bestandteile zerlegt wird. Weitaus der größte Teil des Oeles wird, nachdem es verdampft ist und als Dampf die Retorte anfüllt, durch weitere Erhitzung in permanente Gase übergeführt, namentlich dadurch, daß der Oeldampf mit den hocherhitzten Wänden des Destillationsgefäßes in Berührung kommt. Es kann hier schon bemerkt werden, daß es, neben der Beheizung des Ofens, hauptsächlich auf den rascheren oder langsameren Oelzulauf ankommt, welcher die Beschaffenheit des erzielten Gases beeinflußt. Er muß derart reguliert werden, daß die Retorte immer in der nämlichen, nicht zu hohen und nicht zu niederen Glühhitze bleibt. Ist die Retortentemperatur eine zu niedere, so geht viel unvergaster Oeldampf über; man erhält zwar gutes Gas, aber geringe Ausbeute. Ist sie zu hoch, so zersetzen sich die gebildeten Vergasungsprodukte weiter, und es entstehen auf Kosten der leuchtenden Bestandteile mehr nichtleuchtende, unter Abscheidung von Kohlenstoff; man sagt in diesem Falle, das Gas „verbrennt“. Das Gaserträgnis wird zwar ein größeres ein, als bei Destillation mit niederen Temperaturen, jedoch ist die Leuchtkraft geringer.

Auf diese Verhältnisse hat man bei der Oelgasbereitung stets Rücksicht zu nehmen. Der damit betraute Arbeiter lernt die erforderlichen Bedingungen meist ohne weiteres kennen. Er regelt den Oelzulauf nach der Glutfarbe der Retorte, welche meist zu diesem Zwecke mittels eines besonderen Schauloches im Ofen beobachtet werden kann. Ein weiteres Mittel ist ihm in die Hand gegeben durch die beständige Beobachtung des Gasdruckes in der Retorte, welcher zu der Gasproduktion in einem geraden Verhältnis steht. Durch das Manometer kann man sich über diese Druckverhältnisse jederzeit unterrichten.

Das Material zur Herstellung der Oelgasretorten bildet stets Eisen. Ursprünglich machte man diese Apparate aus Schmiedeeisen, zur Zeit werden sie in der Regel gegossen.

Die außerordentliche Verschiedenheit der Gestalt der Oelgasretorten verlangt selbstverständlich auch fast ebenso viele verschieden gebaute Retortenöfen. Beide Teile sind aus diesem Grunde füglich vielmehr als ein Ganzes zu behandeln, als dies z. B. bei der Besprechung der entsprechenden Apparate für die Steinkohlengasbereitung der Fall sein konnte.

Oelgasanlagen mit stehender Retorte. I. Oelgasanlage von Hübner. Von den Oefen mit aufrechtstehender Retorte hat vielleicht derjenige von Hübner (in Rehmsdorf bei Zeitz) die größte Verbreitung gefunden.

Die Konstruktion des Vergasungsapparates geht aus den Schnitten Fig. 3 und 4, Taf. 16, hervor; dieselbe ist in $^1/_{36}$ der natürlichen Größe entworfen. Fig. 5, Taf. 16, zeigt des weiteren die Ansicht des Ofens von vorn (Dinglers polyt. Journal, Bd. 197).

Die stehende Retorte a ist rund und verjüngt sich nach unten; sie stellt also einen Konus dar. An dem unteren Ende ist der Retortenkörper zu einem Flantsch ausgebogen, auf welchen ein gleichfalls mit Flantsch versehenes Kopfstück aufgeschraubt ist. Das letztere ist gegen unten durch einen Deckel abgeschlossen, welchem es durch einen nach außen gebogenen Rand eine größere Berührungsfläche darbietet. Den eigentlichen Abschluß nach unten findet die Retorte bei c, c_1; hier sitzt ein Deckel lose auf Lappen, welche von den Innenwandungen der Retorte abstehen. Der Deckel wird gegen sein Widerlager festgepreßt mittels einer Schraube, welche durch einen zweiten Boden der Retorte hindurchgeht, die sich an dem unteren Kopfende befindet. Die Schraube kann hier durch die mit Flügeln versehene Schraubenmutter c_2 fest angezogen oder gelöst werden. Dichtung der Retorte nach der unteren Seite hin erfolgt an dem Deckel, dessen mit dem Retortenkopf bildende Fugen mit Lehm oder dergleichen ausgeschmiert werden. Boden c, c_1 ist nicht besonders abzudichten. Er kann, nachdem die Schraube bei c_2 gelöst und die Retorte nach oben geöffnet ist, aus der letzteren leicht mittels eines Hakens herausgehoben werden, wozu der Boden über seiner Mitte mit einem Ring ausgestattet ist. Dies geschieht jedesmal, wenn die Retorte gereinigt werden soll.

Der obere Deckel f der Retorte wird auf diese, gleich dem unteren, mittels Lehm aufgedichtet. Durch ihn hindurch führen die Oelzuführungsröhre b, sowie das Gasableitungsrohr d; beide sind mit dem Deckel fest verbunden und werden, bei der Entfernung des letzteren, gleichzeitig mit diesem abgehoben.

Der Oelzulauf b wird durch eine siphonartig gebogene Röhre gebildet. Deren können auch zwei und mehr durch den Retortendeckel hindurchgeführt sein, je nach der Größe des Apparates. Auf alle Fälle ist es vorteilhaft, das Oel in großer Verteilung und jeweils möglichst kleinen Mengen in die Retorte einfließen zu lassen.

Die Oelzulaufröhre ist an ihrem oberen Ende trichterartig erweitert, sie nimmt hier das Oel auf, welches aus einem Reservoir zugeführt wird. Der gasdichte Abschluß gegen die Retorte wird bewirkt durch den hydraulischen Verschluß des Siphonrohres. Das Oelzulaufrohr endigt im Innern der Retorte schon an deren oberem Ende (bei p), und zwar ganz nahe an der Wand der Retorte, so daß das Oel auf die letztere sehr bald auftrifft infolge der konischen Gestalt der Retorte. Indem das Oel den heißen Wänden entlang abwärts fließt, wird es vergast.

Die gebildeten Gase und Dämpfe müssen sich bis nahe zum Boden der Retorte bewegen, um hier durch das zentrale Ableitungsrohr d weitergeführt zu werden. Durch diese ab- und aufsteigende Bewegung der Destillationsprodukte ist diesen genügende Gelegenheit gegeben, in Berührung mit den erhitzten Teilen des Apparates sich in permanente Gase umzusetzen.

Der innerhalb der Retorte liegende Teil des Gasableitungsrohres, welches wir auch als Aufsteigrohr bezeichnen können, besteht aus Kesselblech, seine Fortsetzung m über die Retorte hinaus aus Gußeisen. Der letztere Teil, welcher nach der Vorlage n führt, ist als ein doppeltes Knierohr ausgebildet.

Zur Reinigung der Rohrschenkel d und m von Ruß und teerartigen Bestandteilen auch während des Betriebes sind die Verlängerungen dieser Röhren über das Knie hinaus mit Vorrichtungen e ausgestattet. Es muß hier bemerkt werden, daß eine Reinigung des Aufsteigrohres öfters erforderlich wird, als der Retorte selbst.

Soll die letztere gereinigt werden, so löst man den oberen Deckel und zieht diesen, samt den mit ihm verbundenen Teilen, mittels des Hakens o und einer über Rollen laufenden Kette, an welcher er aufgehängt ist, in die Höhe. Die hierzu dienende Anordnung geht aus der Zeichnung Fig. 5, Taf. 16, hervor, welche die Ansicht des Ofens darstellt. Ist die Retorte auf der einen Seite geöffnet, so wird auch an ihrem unteren Ende der Verschluß gelöst, wie dies schon oben ausgeführt wurde, und man kann nun mittels geeigneter Werkzeuge die beiderseits offene Retorte von oben her auskratzen, so daß der gebildete Koks in den am unteren Teil des Ofens befindlichen Schacht hinabstürzt.

Die Menge des Rückstandes ist übrigens eine sehr geringe im Vergleich zu den Vergasungsrückständen fester Brennstoffe.

Die Retorte findet, so wie sie in den Ofen eingemauert ist, ihren Halt hauptsächlich durch die von dem Ofenmauerwerk gebildeten Stützen s, des weiteren durch die Ruhelage des unteren mit Flantsch versehenen Teiles der Retorte in Mauerwerk aus Schamotte. Endlich ist sie noch an ihrem oberen Kopfstück mit Lappen ausgestattet, womit sie in das Mauerwerk des Ofens eingelassen ist.

Um nun auf die Einmauerung der Retorte und den Bau des Retortenofens selbst zu kommen, so ist zunächst hervorzuheben, daß auch hier, wie bei den Konstruktionen für die Steinkohlengasbereitungsöfen, alle dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Teile des Ofens durch feuerfesten Thon gebildet oder damit ausgekleidet sind. Insbesondere gilt dies bei der Hübnerschen Anlage auch in Bezug auf die Einmauerung der Retorte. Wenn auch nicht ganz, so wird doch ein Teil derselben — etwa $^1/_3$ der ganzen Länge — durch Schamotte vor der unmittelbaren Einwirkung des Feuers geschützt. Diese Maßregel ist stets in Anwendung zu bringen für den unteren Teil der Retorte, welcher unmittelbar an den Feuerherd angrenzt. Hier ist daher die Retorte mit den eigenartig geformten Nutensteinen g ummauert, deren Gestalt durch Fig. 6 und 7, Taf. 16, veranschaulicht wird. — Des weiteren bestehen alle auf der Zeichnung durch enge Schraffierung kenntlich gemachten Teile des Ofens aus feuerfestem Thon.

Die Feuerungsanlage wird durch eine gewöhnliche Rostfeuerung gebildet, die nach außen durch eine Feuerthür abgeschlossen ist. Der darunter liegende Aschenfall ist aus der Zeichnung ersichtlich.

Zwischen die Feuerung und die Retorte ist ein Gitterwerk i aus Schamotte-Formsteinen gelagert, indem die senkrecht in drei Reihen hintereinander aufgestellten Steine abwechselnd eine Lücke zwischen sich frei lassen, welche durch einen Stein der nächstfolgenden Reihe wieder zugedeckt wird.

Die Züge des Retortenofens führen in einer Spirale um die Retorte herum. Die Feuergase nehmen ihren Weg, wie auf der Zeichnung Fig. 3 durch die Pfeile angegeben ist; sie wenden sich erst einmal um die Retorte herum, wobei sie etwa bis zur mittleren Höhe derselben emporsteigen, um von hier aus in gleichem Sinne nochmals die Retorte zu umspülen und endlich in den Rauchkanal zu gelangen, welcher vom oberen Ende des Ofens

aus nach dem Schornstein führt. Die seitlichen Schächte k des Ofens stellen Raumlöcher dar zur Entfernung der Flugasche und des Rußes. l sind Verankerungen, welche das Ofenmauerwerk zusammenhalten.

Der Konstrukteur schreibt seiner Oelgasanlage mit stehender Retorte, solchen mit liegender gegenüber, wesentliche Vorzüge zu, welche hier der Vollständigkeit wegen wiedergegeben werden sollen, zumal dieselben ebensowohl auf andere Systeme stehender Oelgasretorten bezogen werden können. Wie weit die geltend gemachten Gesichtspunkte gerechtfertigt sind oder heute noch aufrecht erhalten werden können, nachdem auch vorzüglich arbeitende Anlagen mit liegenden Retorten Eingang gefunden haben, kann hier nicht entschieden werden. Nach Hübner gestattet die stehende Retorte bei gleich großer innerer Wandfläche wie die liegende, innerhalb eines bestimmten Zeitraumes einen stärkeren Oeleinlaß als letztere, weil das Oel sehr gut an verschiedenen Stellen den glühenden Wandungen zugeführt werden kann. Infolgedessen soll die stehende Retorte viel leistungsfähiger sein, als die liegende. Mit einer solchen von der Dimension der Zeichnung (Fig. 3, Taf. 16) lassen sich bei Anwendung von 4 Einlaßtrichtern für das Oel, bei guter Feuerung und hinlänglich weiten Abzugsröhren und Vorlagen für das Gas, bequem 25 bis 35 kg Paraffinöl die Stunde vergasen und bei 54 cbm Gasausbeute aus 100 kg Oel also bis 40 cbm Oelgas die Stunde gewinnen, welche, bei Annahme nur dreifacher Leuchtkraft wie Steinkohlengas, gleichwertig sind mit 120 cbm Steinkohlengas.

Die skizzierte Anlage ist auch größeren Dimensionen zugängig, als den hier zu Grunde gelegten, und vermehrt man dann die Zahl der Einlaßtrichter für das Oel, um die Gasproduktion entsprechend zu steigern. Der Brennmaterialverbrauch soll bei der stehenden Retorte, abgesehen von dem Anheizen, im Vergleich zu ihrer Leistungsfähigkeit, bedeutend geringer sein, als bei der liegenden; ebenso stellen sich die Arbeitslöhne für eine gleiche Menge Gas bei jener niedriger, als bei dieser. Ferner wird geltend gemacht, daß die Gasausbeute aus der stehenden Retorte größer als aus der liegenden, weil die Vergasung eine vollständigere ist, teerige und asphaltartige Rückstände sich in der Retorte nicht ansammeln. Die stehende Retorte ist ferner besser heizbar und besser in gleichmäßiger Temperatur zu erhalten. Die Haltbarkeit wird noch erhöht, wenn man die Retorte mit Rutensteinen, wie aus der Zeichnung ersichtlich, umkleidet. Es setzt sich in der stehenden Retorte viel weniger Koks ab, die Graphitbildung wird dadurch außerordentlich verlangsamt; ein Umstand, der ebenso günstig für die Haltbarkeit der Retorten, wie für die Erzielung gleichmäßiger und hoher Temperaturen und Gasausbeuten aus den Oelen ist. Die Rückstände aus den Oelen lagern sich in der Hauptsache erst in dem Einhängerohr ab und sind daraus leichter zu entfernen, als aus der Retorte selbst. Die stehende Retorte ist endlich leichter von Koks zu reinigen als die liegende, hauptsächlich deshalb, weil ihre aufrechte Stellung ein kräftigeres Aufstoßen erlaubt, als dies bei der anderen Bauart der Fall ist.

Das Oel läßt man nach der Retorte meist aus einem eisernen Behälter zufließen, welcher auf dem Ofen steht und in welchem so das Vergasungsmaterial vorgewärmt wird. Es ist allerdings nicht ratsam, größere Oelvorräte auf diese Weise aufzubewahren, da eine Feuergefahr nicht ganz ausgeschlossen ist. Man wird vielmehr gut thun, die Hauptmenge des Oeles in einem geschlossenen Behälter aufzubewahren, welcher unter dem Boden

liegt, und von welchem aus jeweils nach Bedarf kleinere Mengen mittels einer Handpumpe in den auf dem Ofen stehenden Behälter zur Speisung der Retorten emporgehoben werden können.

Die Behandlung des beschriebenen Apparates (wie auch der noch zu beschreibenden) für den Betrieb der Oelgasbereitung erfordert, wie schon eingangs dieses Abschnittes erwähnt worden, einige Aufmerksamkeit. Es soll hier schon auf die wesentlichen Punkte des Betriebs aufmerksam gemacht werden, um so gleich an dem vorgeführten Beispiel eines Oelgasapparates das ganze Bild zu vervollständigen. Zunächst soll jedoch des weiteren auch hier schon vorausgeschickt werden, daß die Reinigungsapparate für die Oelgasbereitung, sofern überhaupt bei Vorhandensein nur sehr geringer Mengen verunreinigender Bestandteile in dem Rohgas eine Beseitigung derselben vorgenommen werden soll, im wesentlichen ganz die nämliche ist, wie bei der Steinkohlengasbeleuchtung. Man kennt auch hier das Reingungssystem, bestehend aus Vorlage, Kondensator, Skrubber, Reiniger. Ein Exhaustor kommt dagegen nicht zur Anwendung, da die eisernen Retorten dicht sind und stark genug, um den Gasdruck auszuhalten, weshalb Gasverluste, wie bei den porösen und leicht springenden Thonretorten der Steinkohlengasanlagen, nicht zu befürchten sind. Uebrigens soll die Erfahrung gezeigt haben, daß die trockene Destillation des Oeles unter einem geringen, durch die Widerstände der Apparate sich bietenden Druck zu gunsten besserer Beschaffenheit des Gases verläuft, als ohne Druck; was jedoch nur dann eine befriedigende Erklärung finden könnte, wenn es sich hierbei um einen namhaften Mehrdruck handelte, der auf die Siedetemperatur des Oeles einen wesentlichen Einfluß ausübte, indem diese erhöht würde, so daß das Oel nicht so leicht durch Ueberdestillation nach der Vorlage der Zersetzung in permanente Gase sich entziehen würde.

Im Hinblick auf den Betrieb der Oelgasretorten selbst, beziehungsweise des Ofens, ist zunächst die Eigenart der Oelgasbereitung hervorzuheben, daß dieselbe in der Regel nicht in der Art eines kontinuierlichen Betriebes gehandhabt wird, sondern ganz nach Bedarf, etwa mit Aussetzung eines oder mehrerer Tage. Für die Zwecke, welchen die Oelgasfabrikation hauptsächlich dient, der Gasversorgung einzelner Anlagen, liegt hierin ein entschiedener Vorzug. Man hat aber, wenn man den Betrieb derartig zu führen gedenkt, darauf Bedacht zu nehmen, daß der Gasbehälter auch thatsächlich die Produktion von etwa zwei Tagen auf einmal zu fassen vermag. Der Aufbewahrung des Oelgases kommt die Eigenschaft desselben zu statten, beim längeren Stehen über Wasser nicht an Leuchtkraft einzubüßen, wie dies beim Steinkohlengas z. B. der Fall ist, wohl einzig aus dem Grunde, weil es sein starkes Leuchtvermögen schweren Kohlenwasserstoffen verdankt, die als permanente Gase (Aethylen ꝛc.) in ihm enthalten sind, während Steinkohlengas einen großen Teil seiner Leuchtkraft dem verdichtbaren Benzoldampf verdankt, der bei dem Oelgas gegen die permanenten leuchtenden Kohlenwasserstoffe zurücktritt.

Vor der Beheizung ist der Oelgasapparat jedesmal zu reinigen, insbesondere die Retorte und das Gasableitungsrohr, wie dies bei Besprechung der Hübnerschen Anlage gezeigt wurde. Der Ofen wird nun angeheizt und durch allmähliche Verstärkung des Feuers die Temperatur der Retorte auf die erforderliche Höhe (900 bis 1000° C.) gebracht. Hierzu werden im allgemeinen 4 bis 5 Stunden Zeit erforderlich sein, man wird daher in

der Regel den Ofen sehr früh am Tage heizen müssen. Jetzt erst beginnt man damit, das Oel in die Retorte einfließen zu lassen. Es ist nun die Aufgabe des Arbeiters, den Oelzufluß derartig zu regeln, daß die Retorte nicht zu sehr abgekühlt wird, andererseits daß das Gas nicht verbrennt (vergl. S. 216). **Krackow** gibt als Kennzeichen des richtigen Verlaufs der Vergasung die folgenden Merkmale an. Durch einen Probierhahn läßt man von dem gebildeten Rohgas in die Luft entströmen. Erscheint das Rohgas hierbei dickflöckig und weiß, so deutet dies auf die Anwesenheit unvergasten Oeles; der Oelzulauf muß in diesem Falle gemäßigt oder die Temperatur der Retorte gesteigert werden. Im entgegengesetzten Fall (zu geringer Oelzulauf, zu hohe Temperatur der Retorte) zeigt das ausströmende Gas eine dunkelbraune Farbe. Als richtige Färbung wird eine bläulich-weiße angesehen, hat man den gewünschten mittleren Zustand erreicht, so ist von nun ab von Zeit zu Zeit die Aufmerksamkeit auf den Stand des Manometers zu richten, welches über den gleichmäßigen Verlauf der trockenen Destillation einen hinreichend zuverlässigen Maßstab abgibt.

Ein weiteres Mittel zur Beurteilung des richtigen Verlaufs der Gasbildung ist dadurch an die Hand gegeben, daß man aus einem Hahn, welcher unmittelbar an der Austrittsstelle des Gases aus der Retorte angebracht ist, von Zeit zu Zeit einen Tropfen der flüssigen Destillationsprodukte auffängt. Zeigen diese eine zu leichtflüssige Beschaffenheit, so deutet dies auf die Anwesenheit unvergaster Oelteile; der Oelzulauf ist also zu stark oder die Temperatur der Retorte eine zu niedere. Das umgekehrte ist der Fall, wenn der Teer sich als zähe erweist. Es ist nun Sache der Erfahrung, hiernach die Mitte zu treffen, damit der Betrieb richtig geleitet werde. Keineswegs kann die Beobachtung des Apparats auf eine längere Zeit unterbrochen werden.

II. **Oelgasanlage von Wagner.** Um zum konstruktiven Teil der Oelgasanlagen zurückzukehren, sei hier zunächst eine weitere Form einer stehenden Retorte vorgeführt (Konstruktion **Wagner**), deren Einrichtung durch Fig. 8, Taf. 16, veranschaulicht wird.

Die Retorte besteht hier, wie bei der **Hübner**schen Anlage, aus einem nach unten konisch verlaufenden oder cylindrischen gußeisernen Gefäß a, welches indessen unten nicht geöffnet werden kann, sondern mit einem gewölbten Boden abschließt. Die Retorte besitzt einen verhältnismäßig weiten Querschnitt. In der Nähe ihres Bodens ist eine eiserne Schale angebracht, auf welche das herabtropfende Oel auffällt, um zu vergasen. Nach der offenen Seite zu, also nach oben, schließt die Retorte ab mit einem nach auswärts gebogenen Rande, womit sie auf dem Mauerwerk des Ofens aufruht.

Der **Retortenkopf** ist mittels Flantsches auf die Retorte aufgesetzt und ragt somit frei über den Ofen hinaus. Ein weites Rohr c führt vom Deckel des Retortenkopfes bis nahe an den Boden der Retorte; in dieses mündet der Oelzulauf e ein, so daß das ausfließende Vergasungsmaterial durch das Rohr hindurchfällt. Es gelangt indes nicht unmittelbar auf den Boden der Retorte, beziehungsweise in die hier aufgestellte Schale, sondern trifft erst auf den Oelverteiler d auf, einen nach oben gewölbten Schirm, über dessen Rand das Oel allseitig herunterfließt, um so in einzelnen Tropfen in die Schale aufzufallen. Die entwickelten Gase steigen zwischen den Wänden der Retorte und dem zentralen Rohre empor; sie werden am Retortenkopfe durch einen seitlichen Rohransatz f weitergeführt nach der Vorlage.

Die Reinigung des Apparates erfolgt auch hier nach Abheben des Retortenkopfes und der hierzu gehörenden Teile, indem man sie mittels eines Hebewerkes emporzieht. Mittels geeigneter Werkzeuge kann dann der Graphitansatz und zurückgebliebener Koks aus der Retorte entfernt werden.

Die Einmauerung der Retorte besteht hauptsächlich in der Ruhelage ihres oberen Randes in dem Mauerwerk, dann aber in der Umkleidung ihres unteren Teiles mit einem Schamotteschutz b, welcher seinerseits auf dem Boden des Erhitzungsraumes aufsitzt.

Die gesamte Bauweise des Retortenofens geht aus Fig. 9 bis 12, Taf. 16, hervor (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1884). Die Feuerung ist dieselbe, wie S. 141 beschrieben, eine Koks-Teerfeuerung. Sie liegt auf einer Seite des Ofens, so daß die Feuergase gezwungen werden, ihren Weg nach der Mitte desselben zu nehmen, wo sie durch einzelne Lucken verteilt austreten und die Retorte umspülen. Die letztere ist durch einen Schamottemantel bis auf die halbe Höhe ihrer gesamten Länge vor der unmittelbaren Einwirkung des Feuers geschützt; durch Streben aus feuerfestem Thon wird sie gegen die Wände des Retortenraumes abgesteift. Auch die letzteren sind mit Schamotte ausgefüttert, wie überhaupt alle Teile des Ofens, welche mit den Feuergasen in unmittelbare Berührung kommen. Die Rauchgase ziehen am oberen Teil des Ofens in den Schornstein ab. —

Die einfache Art der Reinigung des Oelgases führte in neuerer Zeit zu in ihrer Konstruktion sehr gedrängten Formen kleinerer Oelgasanlagen, welche geeignet sind, denselben leichteren Eingang zu verschaffen. Gänzliches Fortlassen sämtlicher Reinigungsapparate hat sich, trotz der an sich verhältnismäßig günstigen Zusammensetzung des Rohgases, nicht als ratsam erwiesen; andererseits beansprucht die Aufstellung eines ganzen Reinigungssystems, wie solches bei der Steinkohlengasfabrikation üblich, selbst bei den kleineren erforderlichen Dimensionen der Apparate immerhin eine große Bodenfläche.

III. Oelgasapparat von Suckow. Der Genannte hat eine neue Oelgasanlage geschaffen, welche, auch in ihren Einzelheiten von den bisher genannten Systemen abweichend, ihre charakteristische Eigentümlichkeit in der Gestalt eines einzigen Apparates besitzt, welcher die gesamte Aufgabe der Reinigung des Gases in sich vereinigt. Die ganze Oelgasanlage besteht somit im wesentlichen nur noch aus drei Teilen: dem Retortenofen, dem Reinigungsapparat und dem Gasbehälter. Die beiden ersteren Teile sind Fig. 13 u. 14, Taf. 16, in zwei Ansichten bez. Längsschnitten dargestellt (Zeitschr. d. V. d. Ing. 1885).

Der Retortenofen G der Suckowschen Anlage unterscheidet sich von den bisher betrachteten Systemen durch die freie Lage der Retorte c in dem Feuerraum. Der Herd ist unmittelbar unter der Retorte angeordnet, bei b liegt der Rost, die Unterhaltung des Feuers erfolgt durch die Feuerthür a. Die entwickelten Feuergase steigen frei in dem Schachte empor; sie erhitzen die Retorte namentlich an deren unterem Teil, und ziehen schließlich durch einen Rauchkanal, seitlich am oberen Ende des Ofens, in den Schornstein ab. Zur Heizung dient Koks. Durch das auf der Vorderseite des Ofens angebrachte Schauloch d, welches durch eine Glimmerscheibe verschlossen ist, läßt sich die Glühtemperatur des Retortenkörpers jederzeit beobachten. Die Höhe des Retortenofens beträgt nur 1 m, die Länge einer Seite 0,6 m.

Die Form der Retorte ist eine prismatische mit quadratischem Querschnitt. Eigenartig ist ihr gewellter Boden. Es soll damit der Vorzug erreicht werden, daß beim Erkalten der Retorte, durch die bei deren Zusammenziehen entstehende Spannung, der aus dem Gase herrührende Graphitansatz sich selbstthätig abblättert und zur Reinigung der Retorte nur aus dieser herausgeholt zu werden braucht. Das obere, offene Ende der Retorte ist mit einem Rande ausgestattet, mit welchem sie, und nur damit allein, von dem Mauerwerk des Ofens festgehalten wird.

Suckow verwendet als Material für seine Oelgasretorte ausschließlich Gußstahl, da sich dieser mit einer 4 bis 5 mal so großen Dauer wie Gußeisen zu dem gedachten Zwecke bewährt haben soll.

Der Retortenkopf besitzt dieselbe äußere Gestalt, wie die zuletzt in Betracht gezogene Konstruktion bei einer stehenden Oelgasretorte. Seine innere Einrichtung ist jedoch eine abweichende; Oelzulaufrohr h führt durch die Mitte des Deckels bis nahe zum Boden der Retorte, etwa $1/3$ der gesamten Retortenlänge von diesem entfernt. Eine Platte v, welche in halber Höhe der Retorte aufgehängt ist und nur eine Durchgangsöffnung in ihrer Mitte für das Oelzulaufrohr bietet, sowie nach den Seiten hin gegen die Retortenwandungen einen Zwischenraum frei läßt, soll dem folgenden Zwecke dienen. Da der untere Teil der Retorte erheblich mehr erhitzt wird, als der obere, so muß sich in demselben eine Stelle befinden, in welcher sich, infolge der Ausstrahlung der 4 Seitenwände und des Bodens der Retorte, eine größte Menge von Wärmestrahlen vereinigen, wie dies in ähnlicher Weise im Brennpunkt eines Hohlspiegels stattfindet. Diese Stelle wurde ausgewählt, um an ihr das Oel aus der Zuleitung auslaufen zu lassen. Hier langen die Oele in bereits dampfförmigem Zustande an, die Dämpfe verbreiten sich in dem unteren heißen Teile der Retorte, um zu vergasen. Während nun aber die spezifisch leichteren permanenten Gase wie auch die Teerdämpfe emporsteigen, sollen die schweren Oeldämpfe durch die Blende v veranlaßt werden, noch längere Zeit in dem unteren Teil der Retorte zu verweilen, so daß sie noch hinreichende Gelegenheit finden, um vollständig in permanente Gase umgewandelt werden zu können. (?)

Die Vergasungsprodukte werden gezwungen, vor ihrem Austritt aus der Retorte einen im Kopf der letzteren angebrachten labyrinthartigen Rußfang i zu durchwandern, um der mechanisch mitgerissenen Kohlenteilchen sich hier zu entledigen. Die Abführung des Gases erfolgt dann mittels eines seitlichen Rohransatzes am Retortenkopf, an welchem sich weiterhin mittels einer Flantschenverbindung das Leitungsrohr k nach dem Reinigungsapparat fortsetzt.

Der Oelbehälter g zur Speisung der Retorte ist als ein Teil des Reinigungsapparates R zu betrachten, auf welchen er aufgesetzt und mittels Verschraubung befestigt ist. Durch ein am Boden des Behälters befindliches Röhrchen mit Hahn f kann der Ausfluß des Oeles geregelt werden. Das Oel fließt über in das Oelzulaufrohr h, welches an seinem oberen Ende mit einer trichterartigen Erweiterung und einem darunterliegenden Hahn e ausgestattet ist.

Der Reinigungsapparat R besteht, wenn wir von dem soeben besprochenen Oelbehälter absehen, aus zwei Hauptteilen. Die untere Abteilung l entspricht der Vorlage. In diese taucht Aufsteigrohr k ein, die Tauchhöhe wird durch die Lage des Ueberlaufrohres u bestimmt. In dieser Vorlage

gelangt fast nur Teer zur Abscheidung, da Wasserdämpfe bei der Vergasung des Oeles in nur sehr untergeordneter Menge auftreten. Dies ist auch einer der hauptsächlichsten Gründe, warum die Kondensationsanlagen bei der Oelgasbereitung sich so einfach gestalten, da gerade die Wasserdämpfe viel Kühlfläche in Anspruch nehmen und hierzu umfangreicher Apparate bedürfen, wie dies bei der Herstellung sämtlicher übrigen Leuchtgasarten, namentlich des Holzgases, der Fall ist.

Das von der Hauptmenge des Teers befreite Leuchtgas gelangt durch Rohr m nach der zweiten Abteilung t des Reinigungsapparates, welcher über dem ersten gelegen ist. Es mündet indessen nicht unmittelbar in diesen Raum aus, sondern gelangt erst in einen eigenartig geformten Apparat, welcher im Innern des letztern angebracht ist, aus der Zeichnung zu erkennen als eine im Durchschnitt trichterförmige Einrichtung, welcher die Aufgabe eines mechanisch wirkenden Reinigers zukommt. Der Trichter n besitzt einen zu einer Rinne ausgebogenen Rand, in welchen ein Deckel o mit umgebördelten Rändern unter hydraulischem Verschluß eintaucht. Das durch Rohr m in den Trichter gelangende Gas kann nur durch eine Spalte q unten an der Spitze des Apparates austreten. In dieser Oeffnung bewegt sich, einerseits mittels der Stange r in der Mitte des Deckels o aufgehängt, ein Verschlußstempel, dessen Querschnitt im allgemeinen rund, von einer bestimmten Höhe an abwärts indessen vierkantig ist. Bei gewöhnlicher Lage ruht der Verschlußstempel mit seinem cylindrischen Teile innerhalb der gleichfalls runden Oeffnung q, mit dieser nur eine feine Spalte für den Austritt des Gases freilassend; durch den Widerstand, welchen der Apparat und insbesondere dessen Austrittsstelle für das Gas diesem letzteren bietet, scheiden sich hier die letzten Anteile kondensierbarer Verunreinigungen ab. Die flüssigen Produkte, welche sich in dem Trichter vereinigen, fließen bei q aus und gelangen durch Rohrstück s, welches den Raum t mit der Teervorlage l verbindet, in die letztere. Sobald die Austrittsstelle q für Gas und Teer verstopft wird, steigt der Gasdruck in dem trichterförmigen Apparate, der Deckel wird emporgehoben und bringt damit den vierkantigen Teil des Verschlußstempels bei q an die Stelle des cylindrischen Stückes. Der Querschnitt der Oeffnung q wird dadurch erweitert, der Gasdruck läßt wieder nach, und nunmehr schiebt der scharfkantige cylinderförmige Teil des Stempels bei seinem Niedergange die verstopfende Teermasse vor sich her und läßt sie schließlich in die Teervorlage durch Rohr s hinabfallen.

Die in dem zweiten Teile des Reinigungsapparates sich vollziehende Befreiung des Gases von flüssigen Zersetzungsprodukten kann als eine sehr vollkommene bezeichnet werden. Das Gas verläßt den Raum t in hinreichend gereinigtem Zustand, um gewerbliche Verwertung finden zu können. Nötigenfalls ist hinter dem Apparate noch ein Reiniger aufzustellen, bestehend in einem kleinen cylindrischen Gefäß, welches zur Entfernung etwa vorhandener Schwefelverbindungen in dem Oelgase mit Laming scher Masse oder Lux-scher Gasreinigungsmasse gefüllt ist. —

Wiewohl der Konstruktion des Gasbehälters kein wesentlicher Anteil an der Eigenheit der Oelgasanlagen zukommt, so soll hier doch der Vollständigkeit wegen einer besonderen Bauart der Gasbehälter Erwähnung geschehen, welche Suckow gerade für seine Oelgasanlage gewählt hat. Bemerkenswert ist an demselben schon die Art der Führung. Eine einzige *Führungssäule* von cylindrischer Gestalt ist senkrecht durch die Mitte des

Gasbehälters gelegt; sie ist fundamentiert in dem Bassin des Behälters und ragt durch die Decke der Glocke hindurch. Zur Absperrung des Gases ist die Führungsstange von einer Röhre umschlossen, welche mit der Decke der Gasbehälterglocke verbunden ist. Diese Röhre besitzt die gleiche Höhe mit der Glocke, so daß sie, wie diese, bei jeder Lage durch Wasserabsperrung den Austritt des Gases aus dem Behälter verhindert. Ferner ist an dem Suckowschen Gasometer die eigentümliche Anordnung getroffen, daß die Entnahme des Gases aus dem Behälter stets an der höchsten Stelle erfolgt, während sein Eintritt, wie gewöhnlich, unmittelbar über dem Wasserspiegel des Bassins stattfindet.

Die Gasableitung ist auf die folgende Weise eingerichtet. Ein von der Decke der Behälterglocke herabhängendes Rohr, welches mit seinem oberen Ende in Verbindung steht mit dem inneren Raum der Glocke, mit seinem unteren Ende dagegen stets unter Wasser taucht, schiebt sich über die, genau wie das Gaszuleitungsrohr eingerichtete, Ableitung des Gases. Durch diese möglichst voneinander entfernte Lage des Ein- und Austrittes für das Gas soll der Zweck erreicht werden, daß die Mischung des zu verschiedenen Zeiten von etwas verschiedener Beschaffenheit auftretenden Leuchtgases eine vollkommene werde. Gleichzeitig soll hierdurch noch eine nachträgliche Abscheidung etwa vorhandener Oeldämpfe ermöglicht werden, indem diese auf dem weiteren Wege Gelegenheit finden, sich zu verdichten. Eine auf dem Wasser sich ansammelnde dünne Oelschicht bietet den Vorteil, die Verdunstung des Wassers aufzuhalten, so daß das Gas immer trocken bleibt.

Liegende Retorten. I. Oelgasanlage von Pintsch. Die oben in Betracht gezogenen Oelgasanlagen mit stehender Retorte haben vielleicht die größte Verbreitung gefunden, wiewohl solche anderer Systeme diesen ersten in Bezug auf Leistungsfähigkeit keineswegs nachstehen, vielmehr in der Praxis mit gleichem Vorteil verwendet werden. So ist es namentlich die Oelgasanlage mit liegender Retorte von Pintsch*), deren sich die Eisenbahnverwaltungen bedienen zur Herstellung des Oelgases für die Waggonbeleuchtung. (Es kann in Bezug auf diese Beleuchtungsweise vorausgeschickt werden, daß zu dem gedachten Zwecke das Oelgas — und nur solches erweist sich als geeignet hierzu — unter einem Druck von etwa 10 Atmosphären zusammengepreßt wird, um in starken Cylindern unter den Eisenbahnwagen, zur Beleuchtung derselben, auf die Reise mitgenommen zu werden.)

Der Retortenofen dieser Gasanlage ist durch die Abbildung zweier Schnitte, beziehungsweise einer vorderen Ansicht des Ofens, in Fig. 1 u. 2, Taf. 17, dargestellt. Der Ofen vereinigt je zwei Feuerungen, deren jeder ein Retortenpaar entspricht. Der Feuerherd besteht aus einer einfachen Rostfeuerung mit darunter liegendem Aschenfall. Seine sämtlichen Teile, wie auch die gußeiserne Feuerthür, sind mit feuerfestem Thon ausgekleidet. Auch die Retorten sind, wenigstens der tiefliegendste Teil derselben, gegen die unmittelbare Einwirkung der Stichflamme durch Mauerwerk aus feuerfestem Thon geschützt, indem dieses in Form eines Gewölbes die untere Retorte gegen den Feuerraum abgrenzt. Erst am hinteren Ende des letzteren finden die Feuergase ihren Weg zu den Retorten; sie schlagen in der Mitte der

*) Journ. f. Gasb. 1874.

unteren und oberen Retorte zusammen, umschließen die letztere vollkommen, indem sie sich nochmals unter dem Retortengewölbe vereinigen. Hier teilen sich die Verbrennungsgase durch eine Oeffnung an den beiden Enden des Scheitels des Gewölbes, um sich wieder über dem letzteren zu vereinigen und durch den Schornstein abzuziehen. Derselbe ist jeweils für zwei Retortenöfen gemeinsam. Durch einen Schieber kann der Zug nach jedem Ofen geregelt oder ganz abgestellt werden.

Der Retortenkörper wird, wie bereits erwähnt, aus einem Paar liegender Retorten gebildet, die miteinander zu einem Ganzen verbunden sind, auf noch näher anzugebende Weise. Das Material ist Gußeisen, der Querschnitt besitzt die ⌓-Form. Es hat sich gezeigt, daß diese Gestalt der Eisenretorte für den gedachten Zweck die geeignetste ist, da sie eine größere Stabilität bietet, wie die runde oder ovale Form der Retorte, welche beim Erhitzen sich in der Mitte gerne nach unten durchbiegen oder in sich selbst zusammenfallen, wobei sie in der Regel auf beiden Seiten der Länge nach aufplatzen.

Das Retortenpaar ragt mit seinen Enden zu beiden Seiten des Ofens hindurch. Auf der Vorderseite des Ofens endigen die Retorten mit ihrem breiten Rand, auf welchen, durch Flantschenverschraubung verbunden, ein für beide Retorten gemeinsamer Kopf d aufgesetzt ist, welcher dazu dient, die beiden Retorten miteinander zu verbinden. Der Retortenkopf ist mit Decke und Schraube verschlossen in der Art, wie dies bei Steinkohlengasretorten üblich ist.

Auf der anderen Seite des Ofens endigt die untere Retorte gleichfalls mi[t] einem ausgebogenen Rande, womit sie einen Retortenkopf mit Verschlußdecke festhält. Dieser Teil der Einrichtung dient dem Zwecke, durch ein seitlic[h] angesetztes Knierohr das in der Retorte entwickelte Gas nach der Teervorlag[e] abzuleiten. Die obere Retorte ragt auf derselben Seite des Ofens übe[r] die Ofenwand hinaus und ist durch einen abnehmbaren Deckel abgeschlossen. Mit diesem Verschlußdeckel verbunden führt durch dessen Mitte hindurch da[s] siphonartig gebogene Oelzulaufrohr in die Retorte hinein. Das Oel, welche[s] aus dem auf dem Ofen aufgestellten einen Behälter a beiden Retortensysteme[n] zugeführt wird, fließt aus dem Regulierhahn b in den trichterförmigen Ansa[tz] des Oelzulaufrohrs. Es fällt bei der Ausmündung des letzteren innerhal[b] der Retorte in eine Blechschale c, welche die ganze Länge der oberen Retort[e] einnimmt. Hierdurch soll einerseits vermieden werden, daß die erhitzte Retorte selbst durch die Abkühlung des beständig auffließenden Oeles geschädig[t] werde, andererseits wird damit die Entfernung der koksartigen Reste zu eine[r] sehr einfachen gestaltet, indem man bloß nach Entfernung eines Retortenverschlusses die Schale aus der Retorte herauszuziehen und durch Beklopfe[n] der Rückseite zu reinigen hat.

Das in der oberen Retorte entwickelte Gemisch der gasförmigen Produkte und Dämpfe gelangt durch den verbindenden Retortenkopf nach de[r] tieferliegenden Retorte, um hier die vollständige Verwandlung in permanent[e] Gase zu erfahren. Man hat auch, um die erhitzte Oberfläche zu vergrößern, in diesen Teil des Retortenkörpers ein eigenartig geformtes Einsatzstück eingelegt, einen aus Eisen oder Thon bestehenden Grat von der Länge de[r] Retorte, an welchen 6 Scheiben in senkrechter Lage angesetzt sind, so da[ß] diese letzteren also sich quer zur Retorte stellen; sie besitzen eine kleiner[e] Fläche als der Querschnitt der Retorte, das Gas findet genügenden Raum

zu seinem Durchgang. Endlich ziehen die Gase durch das an den Retortenkopf sich anschließende Rohr nach der Teervorlage ab.

Die Vorlage findet ihre Aufstellung auf dem Boden vor dem Retortenofen, so daß also die Gase genötigt werden, aus der Retorte abwärts zu steigen. Eine Vorlage empfängt jeweils das Gas aus zwei Retortenöfen. Hier ergab sich Anlaß zu einer bemerkenswerten Verbesserung in der Konstruktion der Verbindung zwischen Retorte und Vorlage. Durch die starre Verbindung der genannten Teile mittels eines Aufsteigrohrs wird das letztere, namentlich wenn es ein nur kurzes ist, infolge der Ausdehnung der Retorte und des Wiederzusammenziehens derselben bei den bedeutenden Temperaturschwankungen sehr leicht einer derartigen Beanspruchung ausgesetzt, daß es zerbricht. Pintsch hat daher dieses Rohr an beiden Verbindungsstellen mit der Retorte einerseits und der Teervorlage andererseits mit beweglichen Gelenken ausgestattet. Die Röhrenenden sind kugelförmig gestaltet und in entsprechende Höhlungen eingesetzt, so daß sich beide Teile ineinander bewegen können, ähnlich einem Knochengelenk. Die Ausdehnung der Retorte, welche senkrecht gegen das Verbindungsrohr gerichtet ist, bleibt somit ohne nachteiligen Einfluß auf dieses.

Ueber die Leistungsfähigkeit der Oelgasanlage von Pintsch liegen die folgenden Angaben vor. Man erhält mittels eines Systems von zwei übereinanderliegenden Retorten bei einer 10stündigen Vergasungsdauer, je nach der Beschaffenheit des Oeles, 60 bis 80 cbm Leuchtgas. Es genügt diese Menge, um bei einem Verbrauch von 22 l Gas für 1 Stunde und 1 Flamme im Eisenbahnwagen Gas für etwa 3000 Flammenstunden herstellen zu können; bei 24stündigem Betriebe des Retortenofens läßt sich die Produktion leicht auf 7500 cbm steigern.

Das System der Reinigungsanlage, welches sich dem Retortenofen von Pintsch anschließt, ist auch hier im wesentlichen dasselbe, wie es bei der Steinkohlengasbereitung zur Anwendung gelangt. Sämtliche zur Reinigung des Gases erforderlichen Apparate sind in einem besonderen Haus, beziehungsweise in einer besonderen Abteilung des ganzen Gebäudes, untergebracht. Das Gas, welches aus zwei Vorlagen, also von 4 Retortenöfen, durch eine entsprechend weite Leitung nach dem Reinigungsraum geleitet wird, tritt hier zunächst in einen Kondensator, bestehend aus zwei aufrechtstehenden Röhren von 1,8 m Höhe und 0,5 m Durchmesser. Es bewegt sich in der ersten Röhre von unten nach oben, wird hier durch die Decke der zweiten Röhre eingeleitet und verläßt nun den Kondensator an seinem unteren Ende. Die Teerabsätze des Gases werden an der tiefsten Stelle der Kondensatoren nach einer gemeinsamen Teercisterne abgeleitet, welche außerhalb des Reinigungsgebäudes ausgegraben ist.

Von den Kondensatoren gelangt das Gas in einen Wascher. Derselbe besteht in einem cylindrischen Gefäß von 0,7 m Höhe und 0,8 m Durchmesser; seine konstruktive Einrichtung ist diejenige eines Reinigers gewöhnlicher Art.

Schließlich wird das Gas vom Wascher aus abgeführt nach einem System von zwei Reinigern von genau derselben Gestalt und gleichen Größenverhältnissen, wie der vorhin erwähnte Wascher. Durch 4 Ventile können die Reiniger nach Belieben in das System ein- und ausgeschaltet werden

Bei seinem Verlassen aus dem Reinigerhaus passiert das Gas eine Gasuhr und gelangt nach dem Gasbehälter. Der letztere besitzt bei der Oelgasanlage von Pintsch den nur unbedeutenden Umfang von 30 bis 40 cbm, da in der Regel die gesamte Produktion sofort mittels einer Kompressionspumpe in einen besonderen Recipienten gedrückt wird, um von hier aus in die einzelnen Cylinder für die Eisenbahnwagen verteilt zu werden. Das Nähere über diese Anordnung wie überhaupt über die Verwendungsweise des komprimierten Oelgases findet sich in einem später folgenden besonderen Abschnitt beschrieben.

II. Oelgasanlage von Küchler. Eine nach ähnlichem Prinzip eingerichtete Oelgasretorte mit dem zugehörenden Ofen stellen die Quer- und Längsschnitte Fig. 3 und 4, Taf. 17, dar. (Nach Küchler, s. dessen Handbuch der Mineralölgasbeleuchtung.)

Die Retorte besitzt cylindrische Gestalt. Sie ist an beiden Enden, welche aus dem Mauerwerk des Ofens hervorragen, offen, und wird durch (sich ganz gleiche) aufgeschraubte Deckel verschlossen. Das eine Ende der Retorte liegt so weit frei, daß eine hier seitlich angegossene Muffe zur Aufnahme des Aufsteigrohres Platz findet. Eigenartig ist der Retorte eine deren Innenraum in zwei gleiche Hälften teilende Zunge, welche bis in die Nähe des dem Kopfstück der Retorte entgegengesetzt liegenden Endes reicht. Es entstehen hierdurch eine untere und eine obere Abteilung der Retorte, deren Zweck der Anordnung zweier gesonderten Retorten, wie wir solche in der vorhin besprochenen Konstruktion Pintschs kennen gelernt haben, vollkommen entspricht.

Das Vergasungsöl wird mittels einer Siphonröhre in den vorderen Teil des unteren Retortenraumes eingeführt. Es beginnt die Zersetzung des Oeles und finden die Destillationsprodukte auf dem langen Wege zu der Aufsteigröhre Gelegenheit, vollständig in permanente Gase sich zu verwandeln.

Das in der Muffe der Retorte sitzende Aufsteigrohr hat die Einrichtung, daß mittels eines seitlich eingelassenen Probierhahnes sich die Entwickelung der Destillationsprodukte verfolgen läßt, wonach die Feuerung und der Oelzulauf zu regeln sind.

Ein Kniestück aus Gußeisen verbindet das Aufsteigrohr mit der Vorlage. Durch abnehmbare Verschlußdeckel kann die ganze Gasableitung von der Retorte bis zur Vorlage von Kohle und Teer gereinigt werden.

Das Fundament des Retortenofens besteht aus Bruchsteinen; die über der Erde liegenden Teile sind mittels Backsteinen aufgebaut, sofern sie nicht, als die inneren Teile des Feuerraumes, mit Schamotte ausgekleidet sind. Der Ofen besitzt eine Feuerung mit Planrost. Dieselbe ist dadurch bemerkenswert, daß sie etwa zur Hälfte ihres Herdraumes vor die Vorderseite des eigentlichen Ofens hervortritt. Ein langer Feuerzug erstreckt sich, in paralleler Lage zur Retorte, bis an die Hinterwand des Ofens. Nach beiden Seiten führen von diesem Kanal gegen das Ende desselben immer breiter werdende Oeffnungen nach dem Retortenraume, welcher im übrigen gegen den Feuerzug getrennt ist durch eine Zwischenmauerung aus feuerfestem Thon. Die Feuergase schlagen über der Retorte zusammen. In dem Retortengewölbe werden sie erst nach der Vorderseite des Ofens gezogen, von wo aus sie zunächst aufwärts steigen, um dann in einen Kanal am Scheitel des Ofens längs demselben zurückgeführt und in den Rauchkanal geleitet zu werden, welcher an der Rückwand des Retortenhauses nach abwärts führt.

Zur Verankerung sind die senkrechten rechtwinkeligen Kanten des Ofens mit entsprechend geformten Schienen aus Gußeisen eingefaßt, welche mittels angegossener Lappen und schmiedeeiserner Ankerstangen zusammengehalten werden.

III. Oelgasanlage von Schmidt. Eine weitere Form einer liegenden Retorte zeigt die Oelgasanlage von Schmidt*), Fig. 5 und 6, Taf. 17. Wesentlich Neues bietet dieser Retortenofen nur in Bezug auf die Konstruktion der Retorte selbst, und soll sich demgemäß eine Beschreibung hierauf beschränken.

Die eiserne Retorte e stellt einen beiderseits offenen Cylinder dar, dessen Ränder zur Befestigung der Verschlußstücke nach außen umgebogen sind. Ihre Länge ist gleich der Tiefe des Ofens, so daß sie, in diesen eingemauert, mit der Vorderseite und Rückenseite desselben abschließt. Die beiden Enden des Retortenkörpers schließen ab einerseits mit einem Deckel b, durch welchen der Oelzulauf einführt, andererseits durch einen Retortenkopf d, welcher das Aufsteigrohr trägt; dieses Kopfstück ist auf seiner Vorderseite mit einem abnehmbaren Deckel b′ verschlossen.

Eigentümlich ist dieser Oelgasretorte ein im Innern angeordneter Körper a, ein flaschenartiges Einsatzstück von kreisrundem Querschnitt, in welchem die Ueberführung des Oeles in Dämpfe und deren beginnende Zersetzung in permanente Gase vor sich gehen soll. Das Oelzulaufrohr c endigt nämlich inmitten dieses Einsatzstückes, so daß das Vergasungsmaterial unmittelbar auf den Boden des letzteren ausläuft. Die entwickelten Dämpfe und Gase strömen an dem einerseits offenen Ende des Einsatzes aus und erfüllen nun die eigentliche Retorte. Indem sie ihren Ausgang nach dem Retortenkopf hin suchen, werden sie genötigt, zwischen der Außenwand des Einsatzstückes und der inneren Wand der Retorte sich hindurchzudrängen, wodurch den Dämpfen eine große erhitzte Fläche, namentlich von seiten der Retorte e, dargeboten wird und sie Gelegenheit finden, sich in permanente Gase umzuwandeln.

IV. Oelgasanlage von Menzel. Bei seiner liegenden Oelgasretorte sucht Menzel das Prinzip zur Anwendung zu bringen, die Vorgänge der Verdampfung und Vergasung des Oeles vollkommen zu trennen und einem jeden die erforderliche Temperatur gesondert zukommen zu lassen. Die Konstruktion des Retortenofens wird durch Fig. 7, Taf. 17, in einer Querschnittszeichnung dargestellt*).

Die Retorte A ist aus Gußeisen und von cylindrischer Gestalt; sie unterscheidet sich von den bisher betrachteten Arten von Oelgasretorten hauptsächlich durch das Fehlen eines besonders aufgesetzten Kopfes. An dessen Stelle ragt die Retorte auf der einen Seite des Ofens weiter heraus. Ein an die Retorte angegossener Hals dient zur Ableitung des Gases in das Aufsteigrohr. Die Reinigung der Retorte kann bewerkstelligt werden, nachdem man einen Verschlußdeckel an dem aus dem Ofen hervorschauenden Ende abgenommen hat.

Das entgegengesetzte Ende der Retorte liegt im Innern des Ofens. Von hier aus führt ein Verbindungsrohr nach dem flaschenförmigen guß-

*) Dinglers polyt. Journ. Bd. 247.

eisernen Gefäße J, in welches der Oelzulauf k, eine siphonartig gebogene Röhre, einführt.

In der Retorte selbst ist das Einsatzstück w angeordnet, das dem Zwecke dient, den Oeldämpfen eine große erhitzte Fläche darzubieten. Dasselbe ist aus feuerfestem Thon hergestellt in der Form ineinandergeschobener Trichter, deren Wände durch Schlitze und Löcher durchbrochen sind. Die Destillationsprodukte, welche von dem einen Ende der Retorte herkommend sich dem Ausgange zu bewegen, werden gezwungen, ihren Weg durch das Einsatzstück hindurch zu nehmen.

Der Retortenofen kann mit Vorteil mittels Generatorfeuerung geheizt werden. (Hierzu dienliche Einrichtungen sind auf der Zeichnung nicht vorgesehen.) Die Feuergase treten von der Seite her unmittelbar in den innersten Raum des Ofens bei c ein, demselben Raum, in welchem die Retorte liegt. Durch die Schlitze m kann dieser Teil des Ofens gereinigt werden. Die Feuergase umspülen die Retorte, indem sie von dem vorderen Ende des Raumes c gegen dessen hinteres Ende streichen. Hier steigen sie in die Höhe und gelangen in einen Kanal e, welcher sie wieder der Decke des Ofens entlang durch f nach unten und durch s längs des Bodens nach dem Raume H führt, so daß also die Verbrennungsgase um 3 Seiten des inneren Retortenraumes herumgeführt worden sind. Von H aus gelangen die Verbrennungsprodukte nach dem Rauchkanal z, um in den Schornstein abgeführt zu werden.

Die Wirkungsweise des Ofens ist die folgende. Durch Rohr k läßt man, nach dem Maßstab des Fortgangs der Gasbildung, in das Gefäß J Oel einlaufen. Hier wird dasselbe zum Verdampfen gebracht durch die noch vorhandene Wärme der Rauchgase in dem Raume H. Es genügt hierzu eine Temperatur von 400°; wird diese überschritten, so geht schon eine teilweise Zersetzung des Oeles vor sich, und dies muß offenbar vermieden werden, wenn nicht in dem Verdampfungsgefäß koksartige Rückstände hinterbleiben sollen. Man läßt daher, um dem zu begegnen, bei einer Steigerung der Temperatur über 400° durch Oeffnen der seitlich am Ofen befindlichen Schlitze n Luft in den Kanal s eintreten, welche die Verbrennungsgase abkühlt.

Die entwickelten Oeldämpfe gelangen aus dem Destillationsgefäß nach der Retorte, um hier auf die bereits angegebene Weise vergast zu werden. — Die Ergebnisse des Oelgasapparates von Menzel werden als sehr günstige bezeichnet. Die Konstruktion entbehrt indessen der wünschenswerten Einfachheit.

V. Eine besondere Form liegender Retorten soll zum Schlusse nur noch kurz erwähnt werden. Man gibt denselben nämlich häufig eine geneigte Lage, derart, daß das Oel von der Stelle seines Austritts am einen Ende der Retorte langsam gegen den Kopf der Retorte zufließt und dabei vergast. Auch hat man, um die Oberfläche des verdampfenden Oeles zu vergrößern, das Vergasungsmaterial aus zwei Röhren in die Retorte ausfließen lassen und legte nun in den Boden der Retorte zwei entsprechende Rinnen, in welchen das Oel weiterfließen konnte. Es entstanden auf solche Weise Retorten von nierenförmigem Querschnitt, wobei die Einbuchtung die beiden Rinnen voneinander scheidet.

Eine derartige Retortenkonstruktion (nach Schreck) wird durch den wagerechten Längsschnitt der Fig. 8, Taf. 17, dargestellt, während Fig. 9, Taf. 17, einen Querschnitt der Retorte zu erkennen gibt.

Oelgasretorten von topfförmiger Gestalt. Außer den zuvor behandelten Formen von liegenden und stehenden Oelgasretorten, gibt es noch als Zwischenform eine dritte Hauptart, zu welcher alle mehr oder weniger kugelförmig gestalteten Destillationsgefäße zu zählen sind, die des näheren als blasenartig, topfartig und in ähnlicher Weise bezeichnet werden. Das Wesentliche solcher Retorten, zum Unterschied von den beiden andern Hauptformen, ist ihr großer Fassungsraum gegenüber der Gesamtfläche der Innenwandungen; letztere ist bekanntlich am kleinsten bei der Kugelgestalt. Die Konstrukteure derartig geformter Retorten gingen von dem Gedanken aus, dem sogenannten „Verbrennen" des Oelgases Vorschub zu leisten; es ist uns ja bekannt, daß die Vergasung von Oelen sich verhältnismäßig leicht vollzieht und es keines langen Verweilens der zuerst gebildeten Dämpfe in dem Destillationsgefäße bedarf, um sich an den überhitzten Wänden zu zersetzen. Hiernach läßt sich sagen, daß bei der Konstruktion von Oelgasretorten bis zu gewissem Grade ein entgegengesetzter Gesichtspunkt zur Richtschnur dient, wie bei der Bauart von Holzgasretorten: möglichst geringe Retortenflächen gegenüber den zu vergasenden Dämpfen.

I. Oelgasanlage von Kühnle. Eine Anlage mit unter diese Rubrik zu zählendem Vergasungsapparat, von Kühnle konstruiert, zeigt Fig. 10 bis 13, Taf. 17, in einzelnen Schnitten (beschrieben von Langen in der Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1886).

Die Retorte besitzt die Gestalt einer Flasche mit weitem Hals, welch letzterer den Retortenkopf trägt. Sie ist in den Ofen eingebaut, so daß der Hals, beziehungsweise der Retortenkopf seitlich aus dem Ofen hervorragt. Die Retorte ist gegossen aus einer Mischung von Schmiedeeisen und schottischem Masseleisen; es wird diesem Material eine hervorragende Dauerhaftigkeit im Feuer nachgerühmt. Das Gewicht einer Retorte beträgt 200 kg.

Bezüglich der weiteren Einrichtung derselben ist nichts bisher uns unbekanntes hinzuzufügen. Der Oelzufluß erfolgt durch den Verschlußdeckel des Retortenkopfes, das Oel verbreitet sich innerhalb der Retorte auf einer Platte und vergast. Vom Retortenkopf führt, wie bei den für die Steinkohlengasfabrikation zu demselben Zwecke dienenden Apparaten, das Aufsteigerohr senkrecht in die Höhe, um mittels Tauchung in der Vorlage zu endigen.

Die Reinigung der Retorte von Koks u. s. w. erfolgt nach Entfernung des Verschlußdeckels. Auch kann sie, wenn man den ganzen Retortenkopf abnimmt, mit welchem sie durch Flantschenverschraubung verbunden ist, auf eine andere Seite gewendet werden, damit sämtliche Teile ihrer Oberfläche in demselben Maße von dem Feuer beansprucht werden.

Der Kühnlesche Retortenofen ist mit einer Generatorfeuerung ausgestattet. Der Generator nimmt gegenüber dem eigentlichen Ofen eine Lage ein, welche etwa derjenigen entspricht, die wir beim Münchner Generatorofen kennen gelernt haben. Anstatt eines Rostes besitzt der Generator auf der nach vorn schräg abwärts geneigten Sohle einen durch Schieber verschließbaren Kamm, durch welchen die Schlacke abgestochen werden kann, was etwa nach je 10 Betriebsstunden zu erfolgen hat.

Der Generator ist zur gleichzeitigen Heizung mittels Teer eingerichtet (vergl. Teerheizung S. 138). Zu dem Ende befindet sich oben auf dem Ofen der Behälter mit dem zu verfeuernden Teer, so daß dieser stets in einem

vorgewärmten Zustand zur Verbrennung gelangt. Der Behälter empfängt seinen Vorrat aus der Teercisterne, aus welcher er mittels einer Saug- und Druckpumpe gespeist wird. Durch ein Sieb werden aus dem Teer sämtliche gröberen Bestandteile zurückgehalten, während die Flüssigkeit selbst mittels eines Rohres der Vorderseite des Ofens entlang in den Generator eingeführt wird. Hier wird er in der Höhe der Zone, innerhalb welcher sich aus dem festen Brennstoff die Schlacke bildet, aus einer Düse in feinem Strahle von $^1/_2$ bis 1 mm ausgespritzt.

Die zur Erzeugung des Generatorgases dienliche Luft, die sogenannte primäre Verbrennungsluft, wird dem Generator im vorgewärmten Zustand zugeführt.

Durch einen Kanal werden die Heizgase in schräg aufwärtssteigender Richtung nach der Mitte des Ofens unter die Retorte geleitet, wo sie sich in einem größeren Verbrennungsraume verteilen und mit Luft gemischt verbrannt werden. Die letztere, die sekundäre Verbrennungsluft (Oberluft), wird dem genannten Raume gleichfalls wie die Unterluft im erhitzten Zustand zugeführt. Sie tritt aus zwei Schlitzen in den Verbrennungsraum aus. Selbstverständlich wird die Vorwärmung, sowohl der Unterluft wie auch der Oberluft, mittels der überflüssigen Wärme der abziehenden Rauchgase, auf dem Wege der Regeneration bewirkt.

Die Feuergase steigen von dem Verbrennungsraume, der wohl auch als Heizbrenner bezeichnet wird, in die Höhe, bis sie den Schamotteschutz der Retorte antreffen. Hier teilen sie sich in zwei Hälften, um oberhalb der Retorte wieder zusammenzuschlagen. Die Verbrennungsprodukte werden am Scheitel des Ofengewölbes in zwei Kanälen abgeleitet, welche zu beiden Seiten des Retortenofens nach unten führen, um hier die Wärme für die Regeneration nutzbar zu machen.

Die **Vorlage** der **Kühnleschen** Oelgasanstalt ist aus verzinktem Eisenblech gefertigt und mit einem gußeisernen Deckel verschlossen. Ein selbstthätiger Teerüberlauf von 40 mm Weite dient dazu, den Flüssigkeitsspiegel innerhalb der Vorlage stets auf derselben Höhe zu erhalten, so daß der Schenkel des Aufsteigrohres, welcher durch den Deckel der Vorlage geführt ist, eine beständige Tauchung von 10 mm besitzt. Des weiteren kann durch das Ueberlaufrohr mittels eines an demselben angebrachten Hahnes die Vorlage ihres ganzen Inhaltes entleert werden.

Die Reinigungsanlage befindet sich neben dem Retortenraum in einer besonderen Abteilung. Hier finden Kondensator, Reiniger und Gasmesser ihre Aufstellung. — Die Konstruktion des **Kondensators** der **Kühnleschen** Anlage läßt einen cylindrischen Körper aus verzinktem Eisenblech erkennen, in welchem das Rohgas, am Boden des Apparates einströmend, aufwärts steigt. Nun sind im Innern des Kondensators eine Anzahl von Böden in gegeneinander geneigter Lage angeordnet, welche das Gas zwingen, seine Richtung stetig zu verändern. Es wird hierdurch auf mechanische Weise eine Abscheidung der in dem Rohgase schwebend erhaltenen Teerbläschen bewirkt, in gleicher Weise, wie dies auch durch den Kondensator von **Servier** (S. 164) erreicht wird.

Aus dem Kondensator gelangt das Gas unmittelbar in den **Reiniger**. Die Konstruktion des Apparates bietet uns nichts Neues. Als Füllung diente in einem beschriebenen Falle, wonach schwefelhaltiges Oel zur An-

idung gelangte, die Lux'sche Masse, von welcher 1 cbm genügte zur Reinung von 10000 cbm Oelgas.

Ein Behälter aus verzinktem Eisenblech, welcher in den Boden des inigungsraumes eingelassen ist, dient als Cisterne für den in der Vorlage, n Kondensator und den Verbindungsröhren abgeschiedenen Teer.

Das Gas gelangt, nachdem es gemessen ist, in einen Gasbehälter. ieser steht vollkommen frei über dem Erdboden, die Glocke bewegt sich in iem Wasserbassin aus Eisenblech. Mittels einer eingelegten Heizschlange ßt sich der Inhalt des Bassins im Winter eisfrei halten. Zur Geradehrung gleitet die Glocke mit Rollen auf den Schienen eiserner Führungsulen. Diese letzteren tragen an ihrem oberen Ende Radscheiben, über welche rahtseile gelegt sind, deren eines Ende mit der Glocke verbunden, während is andere mit Gegengewichten beschwert ist, wodurch die Glocke bis auf nen Druck von 23 mm Wasserhöhe entlastet wird.

II. Oelgasanlage von Riedinger. Dieselbe dient besonders zum wecke der Vergasung von Petroleum und Petroleumrückständen. Der etortenofen mit dem zugehörenden Kondensationsapparate ist durch die chnitte Fig. 1 bis 4, Taf. 18, dargestellt*).

Die Retorte b besitzt eine ganz eigenartige Gestalt. Sie ist gegossen s ein flaschenförmiges Gefäß mit nach innen gewölbtem Boden; seitliche nsätze dienen dazu, der Retorte einen festen Halt in dem Ofenmauerwerk ı geben. Die Retorte besitzt drei, verschiedenen Zwecken dienende Oeffingen. Die größte derselben entspricht der Mündung der Flasche; sie idigt mit der oberen Fläche des Ofens und ist durch einen Deckel g mittels chraube und Bügel nach der Art der ältesten Retortenverschlüsse abgesperrt. urch den Deckel hindurch führt das siphonartig gebogene Rohr für den eleinlauf. Eine zweite Oeffnung der Retorte befindet sich am Ende eines n der letzteren seitlich abzweigenden Armes u. Diese ist gleichfalls für geihnlich mit einem Deckel verschlossen, und nur bei der Reinigung der torte, wozu die Oeffnung dient, wird der Verschluß abgenommen. Die itte Ausmündung der Retorte wird durch das Auffsteigrohr h gebildet, lches als eine Abzweigung des vorhin genannten Armes der Retorte bechtet werden kann. Dieses Stück endigt über dem Retortenofen in gleicher he mit dem Verschlußdeckel g. Mittels einer Flantschenverbindung ist eigentliche Auffsteigrohr hierauf aufgesetzt.

Der Retortenofen ist aus Formsteinen aus feuerfestem Thon aufaut. Seine Umfassungswände sind mit einer doppelten Blechhülle umen, innerhalb welcher sich Asche oder ein sonstiges, die Wärme schlecht endes Material befindet, um einem Verlust von Wärme durch Ausstrahlung glichst vorzubeugen. Er besitzt eine Rostfeuerung bei a, innerhalb welcher das Feuer frei entwickeln kann und unmittelbar auf die darüber anrdnete Retorte einwirkt. Die obere Seite des Ofens wird gedeckt durch eiserne Platten c, welche brillenartige Löcher frei lassen für den Kopf g Retorte, das Auffsteigrohr h und noch des weiteren für zwei, durch ckel f verschlossene Kanäle, durch welche man den Ofen reinigen kann; ner endlich für den Abzugskanal der Rauchgase. Die letzteren gelangen essen nicht unmittelbar in den Schornstein, sondern sie werden erst durch

*) Bayr. Ind. u. Gew.=Bl. 1870.

einen auf den Ofen aufgesetzten Kasten e geleitet. Dieser besteht aus Blech und ist im Innern mit Backsteinen ausgefüttert. Die Decke des Kastens wird durch eine Platte d gebildet, welche zwei Oeffnungen frei läßt, die mittels der abnehmbaren Deckel v verschlossen sind. In dem Raume e wird das Vergasungsöl vorgewärmt, um von hier aus der Retorte zugeführt zu werden.

Das Aufsteigrohr h erhebt sich nur wenig über den Ofen. Es bildet mit dem abwärtsführenden Schenkel i ein Kniestück, welches in einem Guß hergestellt ist und mittels Flantschen einerseits mit dem Teile b der Retorte, andererseits mit Verbindungsrohr m nach der Kondensationsanlage zu verkuppelt ist. Zur Reinigung des aufsteigenden Schenkels l, wie auch dessen Verlängerung b, welcher zur Retorte gehört, führt durch die auf das Knie aufgeschraubte Platte k eine Stange hindurch, welche im Innern des Rohres eine Scheibe l trägt. Während des Betriebes wird die Stange in der auf der Zeichnung angegebenen Ruhelage festgehalten durch eine Flügelschraubenmutter. Wird diese indessen gelöst, so kann man die Stange längs des Aufsteigrohres auf- und abwärts führen, wodurch der hier angesetzte Ruß in die wagerechte Abzweigung der Retorte hinabgestoßen wird. Hier kann er auf dem bereits angedeuteten Wege leicht entfernt werden.

Der dem Riedingerschen System eigentümliche Kondensator ist gleichfalls aus den Zeichnungen der Taf. 18 zu ersehen. Er besteht im wesentlichen aus dem Kasten o, welcher zur Aufsammlung der verdichteten Teerdämpfe dient, und aus den Kondensationsröhren q und r. Der Kasten o ist aus Gußeisen gefertigt. Nach oben ist er durch die Platte p abgeschlossen, welche indessen Raum frei läßt für die Oeffnungen des Eintauchrohres n und die beiden Kondensationsröhren. Genannte Stücke sind mittels Flantschenverbindung auf der Platte p aufgesetzt.

Zunächst dem Retortenofen liegt das Tauchrohr n. Dasselbe ist so tief in den Kasten eingeführt, daß es mit den hier abgeschiedenen Teerprodukten eine Tauchung von etwa 3 cm herstellt. Diese Höhe genügt, um das Gas am Rücktritt nach der Retorte zu verhindern, auch wenn die letztere geöffnet ist; andererseits kann der Druck von dem entwickelten Gas mit Leichtigkeit überwunden werden. Um den Flüssigkeitsspiegel in dem Kasten o stets auf derselben Höhe zu erhalten, was in der Regel durch die Anordnung einer Siphonröhre an der Seite des Behälter bewirkt wird, läuft an Stelle einer solchen auf einer Seite des Kastens eine Rinne z, in welche sich, vermöge einer in geeigneter Lage angebrachten Zwischenwand, zwar aller überflüssige Teer aus dem Behälter o entleeren, nicht aber Gas entweichen kann. Die vollständige Entleerung des Kastens erfolgt mittels eines am Boden desselben angebrachten Hahnes y.

Die Kondensationsröhre q erhebt sich erst von der Oberfläche des Teerkastens ab. In ihr kann daher das von der Retorte kommende Gas, welches sich zunächst in dem Kasten o verbreitet, unbehindert emporsteigen; die dabei sich verdichtenden Teerdämpfe fließen in den Behälter zurück. Das zweite Retortenrohr r ist mit dem ersteren an dem oberen Teil beider Cylinder durch Rohrstück s verbunden. In der Richtung der Längsachse des letzteren ist an einer der Kondensationsröhren eine Oeffnung x vorgesehen, durch welche man mittels geeigneter Werkzeuge in das Innere des Rohres s gelangen kann, um dieses zu reinigen. Es wird dies öfters erforderlich sein

müssen, da das Rohr kein Gefälle besitzt, durch welches es sich von selbst der flüssigen Kondensationsprodukte entledigen könnte.

Das Kondensationsrohr r ist mit seinem unteren Teile durch den Deckel des Teerbehälters hindurchgeführt; es endigt erst innerhalb des abgeschiedenen Teers selbst mit einer Tauchung von 1 bis 2 cm. Es wird hierdurch erreicht, daß der verdichtete Teer auch aus dieser Kondensationsröhre unmittelbar in den Sammelbehälter o abfließen kann.

Der Weg des Gases ist hier der umgekehrte, wie in der Röhre q. Es begibt sich, nachdem es durch das Verbindungsrohr s in den oberen Teil des Kondensators eingetreten ist, nach unten. Hier wird es durch eine seitlich mittels Flantschenverbindung angesetzte Rohrleitung t nach den weiteren Apparaten geleitet, als welche nur noch die Reiniger, der Gasmesser und der Gasbehälter in Betracht zu ziehen wären, bezüglich deren Konstruktion auf früheres verwiesen werden kann.

Es erübrigt nun noch, hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Riedingerschen Oelgasanlage einiges hinzuzufügen. Unsere Zeichnung ist in $^{1}/_{15}$ der natürlichen Größe ausgeführt, hierbei beträgt z. B. die Höhe des Retortenofens vom Fußboden bis zu Platte, welche den Ofen nach oben zu abdeckt, kaum 1 m. In diesen Größenverhältnissen genügt die Anlage vollkommen den Bedürfnissen des kleinen Betriebs, in welchem 300 Flammen von durchschnittlich 5stündiger Brenndauer zu speisen sind. Man erzeugt nämlich, bei Verwendung von Petroleumrückständen, mit der Retorte eine stündliche Menge von 5,5 bis 7,5 cbm Leuchtgas.

Man kann auch auf der Grundlage desselben Systems produktionsfähigere Anlagen einrichten, wenn man die Retortenanzahl vermehrt und dementsprechend dem gemeinsamen Kühlapparat nur etwas größere Raumverhältnisse beimißt.

III. Wagner in Chemnitz hat eine Oelgasretorte konstruiert, deren Gestalt aus der Abbildung Fig. 7, Taf. 18, zu ersehen ist. Der eigentliche Retortenkörper wird gebildet durch ein topfartiges Gefäß, welches ebenso hoch wie breit ist. Es kehrt seine Ausmündung der wagerechten Lage zu, indem es von beiden Seiten zu einem Halse eingeschnürt wird. Mittels Flantschenverbindung ist auf den Hals der Retorte ein Kopf aufgesetzt, welcher seiner Gestalt wegen als das untere Ende des Aufsteigrohrs für das Gas betrachtet werden kann. Mittels zweier an diesem Retortenkopf befindlicher Verschlüsse kann man zur Reinigung der Retorte in diese Werkzeuge einführen.

Der Oeleinlauf bringt das Gasöl von dem vorderen Teil der Retorte aus bis nach deren hinterer Wand, wobei es verdampft und dann in Berührung mit den glühenden Retortenwandungen vergast wird.

Die Wagnersche Oelgasretorte wird ausgeführt in 4 verschiedenen Größen für eine stündliche Gasproduktion von 3 bis 15 cbm.

IV. Von anderen Retortenformen topf- oder blasenartiger Gestalt seien zwei, Fig. 5 u. 6, Taf. 18, nur ihren Querschnitten nach vorgeführt; näheres über die Verwendungsweise dieser Konstruktionen findet sich nirgends veröffentlicht, und scheinen dieselben keine große Verbreitung gefunden zu haben.

Situationsplan von Oelgasfabriken. Die im vorstehenden behandelten Oelgasanlagen kleineren Umfanges für einzelne abgelegene Gebäulichkeiten erhalten oft, da sie nur wenig Platz in Anspruch nehmen und der Betrieb ein gefahrloser ist, in bereits vorhandenen Räumen (Schuppen, Kellern,

Kesselhäusern) Aufstellung. Im allgemeinen wird man jedoch, selbst für kleinere Anlagen, die Apparate in einem eigens dazu errichteten Gebäude unterbringen, und soll an dieser Stelle kurz angegeben werden, in welcher Art sich der Bau der Räumlichkeiten gestaltet. Als Regel gilt zunächst, den Retortenraum und den Raum für die Apparate des gesamten Reinigungssystems getrennt zu halten. Als Beispiele zweier solcher Anlagen, die eine größeren, die andere kleineren Umfanges, seien im folgenden die Pläne Küchlers vorgeführt, eines auf dem Gebiete der Oelgasfabrikation bewährten Fachmannes (dessen Ofensystem wurde bereits S. 228 vorgeführt). Die Zeichnungen, auf welche sich die Beschreibung bezieht, stellen je einen Grundriß und einen Schnitt beziehungsweise die Ansicht der Anlage dar.

Fig. 1 und 2, Taf. 19, gibt den Bau eines kleinen Gashauses zu erkennen mit den Apparaten zur Herstellung von Gas für 100 bis 300 Flammen, also etwa dem Bedürfnisse einer kleineren Fabrik, eines Gasthofes, eines Krankenhauses oder dergl. entsprechend. Mancherorts wird durch baupolizeiliche Verordnung bestimmt, daß der Retortenraum von den übrigen Betriebsräumen durch eine Mauer getrennt sei; dem ist auch in unserem Plane Rechnung getragen. Die Breite des Gebäudes beträgt 5,7 m, seine Tiefe 5 m, die Höhe vom Boden bis zum Dachstuhl 4,5 m. Das Dach des Hauses kann in Holz oder in Wellblech konstruiert sein. Es empfiehlt sich, den Raum desselben mit Ventilationshüten zu versehen, um etwa entweichendem Gase ungehinderten Abzug zu gestatten. An der Rückseite des Gebäudes erhebt sich der Schornstein von 10 m Höhe. Bezüglich der Apparate selbst ist nichts näheres hinzuzufügen. Dieselben bestehen aus dem Retortenofen A mit der Vorlage B. Von der letzteren aus wird das Gas mittels eines Leitungsrohres durch die Wand hindurch nach dem benachbarten Reinigungsraum geführt. Hier durchströmt es nur einen Skrubber C und sodann den Reiniger D, um von hier aus in dem Gasbehälter gesammelt zu werden.

Fig. 3 und 4, Taf. 19, ist der Plan von Küchlers größerer Oelgasanstalt, welche zur Versorgung eines Gebietes mit 1000 bis 5000 Flammen ausreichen würde und dieser Leistungsfähigkeit nach schon den Bedarf kleinerer Städte oder großer Bahnhöfe zu decken im stande ist. Retortenraum und Reinigungsraum sind hier, wie bei der kleineren Anlage, durch eine Mauer getrennt. Sonst aber sind beide unter demselben Dache. Die Breite des ganzen Gebäudes beträgt ungefähr 10 m, seine Tiefe 5,5 m, die Höhe 5 m. Ein 20 m hoher Schornstein erhebt sich an der Rückwand des Hauses.

Die Art der Aufstellung der Apparate unterscheidet sich kaum von derjenigen der vorhin beschriebenen kleinen Anlage. Der Retortenofen A mit den Vorlagen B ist in dem größeren Raume des Hauses untergebracht. Durch die Scheidewand hindurch wird das Gas nach dem Reinigungsraum geleitet. Es durchströmt hier erst einen ringförmigen Luftkondensator C, dessen innerer Cylinder über das Dach des Hauses geführt ist. Sodann gelangt es nach dem Skrubber D und den beiden Reinigern E, nach welchen der Zugang mittels des Wechslers F nach Belieben eingestellt werden kann. Die Fabrikationsgasuhr G kann durch die Ventile H mit der Rohrleitung verbunden oder aus derselben ausgeschaltet werden. Ein Druckregulator findet bei J Aufstellung.

Harzgasapparate.

Wie bereits hervorgehoben wurde, kann von einem prinzipiellen Unterschied zwischen den Konstruktionen der für Oelgasbereitung und der für Harzgasbereitung dienenden Apparate nicht die Rede sein. Das beiden Fabrikationsweisen Charakteristische besteht darin, daß das Vergasungsmaterial in flüssiger Form in die Retorte eingebracht wird. Wie man nun die Oele vor dem Einlauf in die Retorte erwärmt, damit sie diese nicht plötzlich zu stark abkühlen, so erteilt man auch dem zu vergasenden Harze Wärme, wodurch es gleichzeitig schmilzt. Man hat dann des weiteren dem Umstande Rechnung zu tragen, daß auch auf dem Wege nach der Retorte das Harz in flüssigem Zustand erhalten bleiben muß, und werden aus diesem Grunde sämtliche Teile des Vorratsbehälters und des Zuführungsrohres nach der Retorte möglichst in das Innere des Ofens zu verlegen sein.

Harzgasanlage von Kerl. Eine besonders dem Zwecke der Harzgasbereitung dienende Anlage wird von Kerl beschrieben und zeigt Fig. 8, Taf. 18, den Querschnitt des Retortenofens; die Zeichnung gibt außer den eigentlichen Teilen des Ofens des weiteren noch die Vorlage (c) und den Kondensator (d) zu erkennen.

Die Retorte A ist aus Gußeisen, von cylindrischer Gestalt mit kreisrundem Querschnitt. Sie ist so in den Ofen eingemauert, daß ihre Enden von beiden Seiten zugänglich sind. Das eine derselben ist auf gewöhnliche Weise durch einen Deckel a verschlossen. Kurz hinter diesem Ende befindet sich, mit einem Rohrstutzen der Retorte verbunden, der Einlauf für das flüssige Harz.

Das andere Ende der Retorte ist mit einem Retortenkopf ausgestattet von der folgenden Einrichtung. Nach unten führt die Ableitung W für das Gas; dieses Rohr mündet unter einer geringen Tauchung in die Vorlage C. Eine auf der gegenüberliegenden Seite des Retortenkopfes befindliche Oeffnung a'' mit Verschlußdeckel gestattet die bequeme Reinigung des Rohres W. Eine weitere Reinigungsöffnung a' mit abnehmbarem Verschluß befindet sich am Ende des Retortenkopfes.

Die innere Einrichtung der Retorte besteht zunächst in dem im Querschnitt dreieckigen Körper q, auf dessen obere geneigte Fläche das Vergasungsmaterial herabfällt, um von hier aus möglichst rasch in der Retorte verbreitet zu werden. Der nun folgende Teil der Retorte ist mit einem Material ausgefüllt, welches den zu vergasenden Dämpfen, die sich aus dem Harze entwickelt haben, eine große erhitzte Oberfläche zu bieten bestimmt sind. Als solche Stoffe können Ziegelsteine, Eisenblechschnitzel oder aber auch Gaskoks Verwendung finden. Eine durchlöcherte Wand l zwischen der Retorte und deren Kopf verhindert das Hereinfallen von Füllungsmaterial in den letzteren Teil.

Der Harzbehälter ist derart in den oberen Teil des Retortenofens eingemauert, daß er, wie auch die nach der Retorte führende Leitung, womöglich unmittelbar von den Verbrennungsprodukten der Feuerung getroffen wird. Der Behälter besteht in einem eisernen Kasten J, welcher nach oben durch Deckel K verschlossen ist, dessen umgebogener Rand v in die mit Wasser gefüllte Rinne u eintaucht.

Vom Boden des Harzbehälters senkt sich eine weite Röhre H nach abwärts, die an ihrem unteren Ende jedoch nur eine kleine Oeffnung für den Ausfluß des geschmolzenen Harzes frei läßt. Diese befindet sich in der Mitte einer Platte o, welche zwischen das zu einem Flantsch ausgebogene Ende des Rohres H und dem darauf sich anschließenden Teile zur Weiterführung des Harzes eingelagert ist. Die Oeffnung der Platte ist von konischer Gestalt, indem sich ihr Querschnitt nach unten verengert. Sie kann durch ein entsprechendes Kegelventil nach Belieben geschlossen und geöffnet werden mittels der damit verbundenen Stange d, welche durch die Stopfbüchse e hindurch über den Deckel des Harzbehälters hinausführt.

Die Weiterleitung des Vergasungsstoffes von dem Behälter J, beziehungsweise dessen Rohransatz H nach der Retorte wird durch ein Zwischenstück F vermittelt. Dieses besitzt eine Einrichtung in dem durch Bügelschraube verschließbaren Deckel a''', welche bequeme Reinigung des Harzeinlaufes in die Retorte gestattet. Man hat nur den Verschluß zu lösen und mittels einer Stange oder eines anderen geeigneten Werkzeuges durch den Körper F hindurchzustoßen.

Der Retortenofen besitzt eine Rostfeuerung, welcher von unten durch einen Kanal die zur Verbrennung erforderliche Luft zugeführt wird. Durch einen Schieber h mit Riegel G wird die Luftzufuhr geregelt. Auf den Roststäben r r ist das Brennmaterial ausgebreitet. Feuerthüre P ist für gewöhnlich vollkommen abgeschlossen; die Verbrennung kann daher nur durch die zwischen den Roststäben aufsteigende Luft unterhalten werden. Der eigentliche Feuerherd ist überwölbt und läßt nach dem Retortenraume zu nur einzelne Löcher g frei, durch welche die Feuergase hindurchschlagen. Sie treffen hier unmittelbar die Retorte, umspülen dieselbe nach beiden Seiten und vereinigen sich wieder über der Retorte, um nun teils unmittelbar durch den Rauchkanal O in den Schornstein, teils erst durch den Kanal N hindurch, welcher zur Vorwärmung des Harzes dient, auf einem Umwege dahin abgeführt zu werden.

Man kann die Zugverhältnisse in diesem System von Rauchkanälen regeln durch die Schieber b und c, welche von der Rückseite des Ofens aus bedient werden. Insbesondere hat man es in der Hand, durch die Regulierung mittels des Schiebers b die Temperatur des Harzes auf die gewünschte Höhe zu bringen und darauf zu erhalten.

Der Betrieb des Harzgasofens im allgemeinen ist derselbe, wie der bei Oelgasbereitung zu leitende. Das Harz wird in festen Stücken in den dafür bestimmten Behälter auf dem Ofen eingebracht. Man heizt den Ofen an, worauf sehr bald das Harz durch die abziehenden Rauchgase schmelzen wird. Erst wenn die Retorte die richtige Höhe der Temperatur erreicht hat, wird man mit der Vergasung des Harzes beginnen. Zu dem Ende zieht man die Stange d etwas empor, wodurch das Kegelventil die Oeffnung in der Rohrverengung bei o freigibt. Das Harz fließt jetzt durch F auf die Ebene q innerhalb der Retorte auf; es vergast, indem seine Dämpfe durch das Füllmaterial der Retorte hindurchgehen. Durch den Retortenkopf und Rohr W hindurch gelangt das Rohgas in die Vorlage C, entledigt sich hier der Hauptmenge der kondensierbaren Dämpfe, des Harzteers.

Von hier aus gelangt das Gas durch das Verbindungsrohr E nach dem Kondensator D, ein liegender Röhrenkondensator, welcher zur Kühlung in eine Wasserrinne eingelegt ist.

D. Wassergas.

Das Prinzip der Wassergasbildung beruht, wie S. 15 u. 35 gezeigt urde, auf der Zersetzung von Wasserdampf in Berührung mit stark erhitzter ohle (Holzkohle, Koks, Anthracit). Technisch vollzieht sich die Fabrikation in ei getrennten Vorgängen. Der Brennstoff, welcher sich in einem Generator-hacht befindet, wird zunächst auf die für die Wassergasbildung notwendige emperatur erhitzt. Um eine intensive Verbrennung zu bewirken, wird ft mittels Gebläses von unten in den Generator eingepreßt. Die Pro-dur wird als das „Warmblasen" bezeichnet, es wird dabei gewöhnliches eneratorgas gebildet. Sodann wird, in der Regel überhitzter, Wasser-mpf in den Generator eingeblasen, beim Zusammentreten mit den weiß-ühenden Kohlen geht die Wassergasbildung vor sich; man nennt dies das asmachen". Da hierbei Wärme verbraucht wird, so kühlt sich der Gene-tor ab; der Betrieb muß wieder umgekehrt werden, und so fort, er ist n intermittierender.

Das beim Warmblasen entwickelte Generatorgas wird dazu verwandt, n Wasserdampf für die nachfolgende Prozedur zu überhitzen. Dazu wird verbrannt und die dabei freiwerdende Wärme zunächst in einem, dem iemensschen Regenerator nachgebildeten Apparate aufgespeichert. Der ztere wird nämlich dargestellt durch einen Schachtofen, dessen Inneres mit iem Gitterwerk von Ziegelsteinen oder anderem feuerfesten Material ausgesetzt . In diesen Apparat treten von unten die aus dem Generator kommen-n Generatorgase ein; sie werden mittels eines Gebläses mit Luft gemischt, d verbrennen nun, da sie schon die erforderliche Entzündungstemperatur s dem Generatorofen mit sich bringen, unter Entwickelung ihrer ganzen r Verfügung stehenden Wärme. Die Flamme schlägt durch das Gitter-rk des Schachtes empor und gibt ihre Wärme an die Steine ab. Wenn r Generator Weißglut erreicht hat, so wird der Luftzutritt sowohl nach m Generator als auch nach dem Regenerator abgesperrt, die Verbrennung rt auf, während der Inhalt der beiden Apparate — Koks einerseits, das itterwerk andererseits — sich noch in Weißglut befinden.

Jetzt wird von oben her in den Regenerator ein Dampfstrahl einge-sen, der in dem Apparate nach unten sich fortbewegt und dabei die Wärme sselben aufnimmt. Der stark überhitzte Wasserdampf gelangt auf dem-ben Wege, den vorher die Generatorgase genommen hatten, jedoch in um-kehrter Richtung, in den letztgenannten Apparat. Er trifft hier auf die ch erhitzte Kohle, wobei die gegenseitige Umsetzung zwischen Kohlenstoff d Wasser vor sich geht. Der Wasserdampf wird gezwungen, die ganze hachthöhe des Generators zu durchdringen; am entgegengesetzten Teile der

Eintrittsstelle wird das im wesentlichen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff bestehende Gemisch, das Wassergas, zur weiteren Behandlung abgeleitet.

Selbstverständlich wird nach einiger Zeit die Bildung von Wassergas aufhören, und zwar dann, wenn die von dem Regenerator an den Wasserdampf ablieferbare Wärme, sowie die Wärme des im Generator vorhandenen Koks nicht mehr ausreicht, um die wechselseitige Umsetzung der beiden Bestandteile zu bewirken. Dann hat man nur wieder den Betrieb des Ofens in der Weise umzustellen, wie derselbe anfangs in Thätigkeit war, und es kann bei erreichter Weißglut beider Apparate das Spiel der Wassergasbildung wieder von neuem beginnen. — Die Zeiträume, nach welchen die Umstellung des Betriebes zu erfolgen hat, sind verhältnismäßig sehr kurze. Man unterhält die Verbrennung im Generator und dem Regenerator, das Warmblasen, im allgemeinen etwa während einer Dauer von 10 Minuten, die der Wassergasbildung, das Gasmachen, während 5 Minuten.

Es gibt verschiedene Systeme von Wassergasapparaten, deren wichtigste wir noch kennen lernen werden; selbstverständlich zeigt das auf verschiedene Weise bereitete Gas auch entsprechende Abweichungen in seiner chemischen Zusammensetzung, wozu übrigens auch die Art des verwendeten Brennstoffes — ob Koks oder Anthracit — einen Anteil nimmt. Einige Durchschnittsanalysen von Wassergas aus technischen Betrieben sollen nachfolgend gegeben werden, mit Angabe des Gaswerkes (Ort, beziehungsweise Konstrukteur) und des Analytikers. Die Zahlen bezeichnen Volumprozente.

Wassergasanlage	in Witkowitz	System Strong	System Lowe
Analytiker	v. Langen	Moore	Greene
Kohlenoxyd	40	35,9	42,1
Wasserstoff	50	52,8	44,5
Methan	—	4,1	—
Kohlensäure	4	2,0	3,6
Sauerstoff	6	0,8	—
Stickstoff		4,4	9,8

Der nicht zu vernachlässigende Gehalt an Methan in einem der Gasgemische läßt auf die Verwendung von anthracitischer Kohle schließen.

Der intermittierende Betrieb der Wassergasfabrikation bringt es mit sich, daß die während der einzelnen Zeiten den Apparaten entnommenen Proben sehr verschiedene Zusammensetzung besitzen. Während des Warmblasens ändert sich die Beschaffenheit der Generatorgase zu Gunsten sich vermehrenden Kohlenoxydgehaltes, während die Kohlensäure abnimmt, beispielsweise von 7 bis auf 1,5 Prozent innerhalb 6 Minuten. Von Interesse ist uns namentlich die Veränderung des Wassergases während des Gasmachens. Nach Wagners „Jahresberichten der chemischen Technologie“ zeigte das Gasgemisch einer Essener Wassergasanlage während des Gasmachens in Zeitabschnitten von 1, $2^1/_2$ und 4 Minuten die folgende Zusammensetzung in Volumprozenten (Mittel aus 3 Versuchen):

	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Methan	Kohlensäure	Stickstoff
Nach 1 Minute	45,2	44,8	1,1	1,8	7,1
„ $2^1/_2$ „	44,6	48,9	0,4	3	3,1
„ 4 „	40,9	51,4	0,2	5,6	1,9

Die Kenntnis dieser Veränderungen in der Zusammensetzung des Wassergases ist von der größten Wichtigkeit für die Leitung des Betriebes. Der Gehalt an Kohlensäure soll eine gewisse Grenze nicht übersteigen, da sie das Gasgemisch minderwertig macht und insbesondere die Verbrennungstemperatur desselben herabsetzt. Als Grenze für diesen noch zulässigen Kohlensäuregehalt nimmt man in der Praxis etwa 8 Volumprozente an; man wird dann durch Mischung der ganzen Produktion ein Wassergas von etwa 4 Prozent mittlerem Kohlensäuregehalt erzielen. Wird die Grenze überschritten, so muß der Generator wieder von neuem warmgeblasen werden.

Als Grund der zunehmenden Kohlensäurebildung beim Gasmachen haben wir das Abnehmen der Temperatur im Generator erkannt. Wie durch Versuche zur Aufklärung des Wassergasprozesses nachgewiesen werden konnte, vollzieht sich bei geringerer Temperatur die Wasserdampfzersetzung durch Kohle lediglich im Sinne der chemischen Gleichung:

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

Kohlenstoff Wasserdampf Kohlensäure Wasserstoff.

Bildung von Kohlenoxydgas ist dabei nicht zu bemerken. Die höchste Temperatur, unter welcher sich die Reaktion noch zu vollziehen vermag ohne Bildung erheblicherer Kohlenoxydmengen, wurde als bei 600° liegend gefunden. Durch den Versuch wurde des weiteren noch besonders dargethan — was übrigens keiner Bestätigung mehr bedurfte — daß unterhalb der genannten Temperaturgrenze eine Reduktion von Kohlensäure zu Kohlenoxyd durch die glühende Kohle nicht stattfindet. Es entspricht dies auch vollkommen der Thatsache, auf welche Meidinger bereits im Jahre 1871 hingewiesen hatte, im Hinblick auf die von ihm erfundenen Füllöfen; daß nämlich in dem nicht zu weiten, rein eisernen Ofenschacht eine Kohlenoxydbildung kaum erfolgt, weil der Ofen seine Wärme rasch nach außen abgibt, so daß in den höheren Brennstoffschichten die zur Kohlenoxydbildung erforderliche Temperatur nicht mehr vorhanden ist; bei Ausfütterung des Schachtes mit dem schlechtleitenden Thon können hingegen erhebliche Mengen von Kohlenoxyd gebildet werden und viel Wärme verloren gehen*).

Erst bei Temperaturen, welche Rotglut überschreiten, beginnt die Bildung von Kohlenoxydgas eine nennenswertere zu werden. Die Reduktion der Kohlensäure erfolgt nach Rathkes Versuchen bei etwa 600°; dann nimmt mit steigender Temperatur die Menge des auftretenden Kohlenoxyds zu, wie die folgende Tabelle zeigen soll:

Zusammensetzung des Gasgemisches in Volumprozenten			Temperatur
Kohlensäure	Kohlenoxyd	Stickstoff	
82,5	16,3	1,2	634°
16,3	80,0	3,7	954°
3,0	93,3	3,7	1054°

*) Um so befremdender erscheint es, wenn Fischer im „Wagnerschen Handbuch der chemischen Technologie" (1889, S. 78), ebenso in seinen „Feuerungsanlagen" (1889, S. 56) gerade das Umgekehrte behauptet und bei den eisernen Zimmeröfen eine Ausfütterung des Feuerherdes mit Thon für notwendig hält, da

Aehnlich gestalten sich nun auch die Verhältnisse, wenn neben den obengenannten Bestandteilen eines Gasgemisches auch noch Wasserdampf, beziehungsweise dessen Umsetzungsprodukte mit Kohle vorhanden sind, indem die aus Wasser und Kohlenstoff gebildete Kohlensäure bei höherer Temperatur an dem Reduktionsvorgang teilnimmt, so daß jetzt die Gasbildung als in zwei getrennten Umsetzungen vor sich gehend gedacht werden kann:

1.	C	$+$	$2H_2O$	$=$	CO_2	$+$	$2H_2$
	Kohlenstoff		Wasser		Kohlensäure		Wasserstoff
2.	CO_2	$+$	C	$=$	$2CO$		
	Kohlensäure		Kohlenstoff		Kohlenoxyd		

— in welchen Vorgängen sich das Wesen der Wassergasbildung spiegelt.

Weiterhin wurde durch Versuche Rathners nachgewiesen, daß auch bezüglich der Zeit der Einwirkung von Kohlenoxyd auf Kohlenstoff so gut wie kein Einfluß auf die Zusammensetzung des entstehenden Gasgemenges besteht, wenn die Temperatur während der Versuchsdauer eine gleichbleibende ist. Es wurde nämlich ein Gemisch (I) von Kohlensäure, Kohlenoxyd und Stickstoff bei einer 600° nicht übersteigenden Temperatur über glühende Kohlen geleitet (II) und dieser Vorgang mit demselben Gasgemenge 2 Stunden (III) und 4 Stunden (IV) lang fortgesetzt. Die entsprechenden Gasanalysen gelangen in den folgenden Zahlen zum Ausdruck, welche die Zusammensetzung des Gases in Volumprozenten angeben.

	I	II	III	IV
Kohlensäure . .	96,0	96,0	95,6	94,7
Kohlenoxyd . .	2,0	2,0	2,1	2,3
Stickstoff . . .	2,0	2,0	2,3	3,0

Alle diese Vorgänge vollziehen sich in der nämlichen Weise beim Wassergasprozeß, woselbst also neben den in vorstehenden Gasgemischen genannten Bestandteilen außerdem noch Wasserstoff vorhanden ist.

Obgleich man das Prinzip der Wassergasbildung schon lange erkannt hatte, ließ sich dasselbe anfangs zur technischen Herstellung von Gas nicht verwerten. Man verfuhr nämlich in der Weise, daß man den koksartigen Brennstoff in eisernen Retorten von außen her stark erhitzte und nunmehr Wasserdampf durch den weißglühenden Inhalt hindurch blies. Man hat so freilich einen kontinuierlichen Betrieb, so lange nämlich, bis aller Kohlenstoff vergast ist; indessen erfolgt derselbe unter zu großen Opfern an Brennstoff für die Erhitzung der Retorten. Die Frage der technischen Verwertbarkeit des Wassergasprozesses war erst als gelöst zu betrachten, nachdem Tessié du Motay dazu übergegangen war, die Gasbildung in der uns bereits bekannten Weise des intermittierenden Betriebes sich vollziehen zu lassen: abwechselndes Erhitzen des Brennstoffes durch teilweise Verbrennung desselben in einem Generator (Warmblasen) und nachfolgendes Einblasen von Wasserdampf (Gasmachen).

---

sonst bei Berührung der Brennstoffe mit den Eisenflächen eine vollständige Verbrennung selten möglich wäre und die überhitzten Flächen Kohlenoxydgas hindurchtreten ließen.

Es haben sich im letzten Jahrzehnte eine ganze Anzahl von Systemen der Wassergasfabrikation herausgebildet; ihre Heimat ist Amerika, woselbst diese Art der Gasbereitung die größte Verbreitung gefunden hat. Etwa 300 große Städte, 1/3 aller durch Gas beleuchteten Städte der Vereinigten Staaten, bedienen sich des Wassergases. Zu Beleuchtungszwecken wird dasselbe dort zumeist mit den leichtflüchtigen Destillationsprodukten des Petroleums karburiert (vergl. S. 41). Der Grund dieser außerordentlichen Verbreitung der Wassergasbeleuchtung in Amerika ist einesteils darin zu suchen, daß dortselbst Gaskohlen in größerer Menge nicht, dagegen für Wassergasbereitung vorzüglich geeigneter Anthracit in ausgedehnten Lagern reichlich vorhanden ist; daß ferner anderenteils die zur Karburation geeigneten Oele zu billigem Preise erhältlich sind.

Bei uns wird die Wassergasfabrikation voraussichtlich niemals zu so großer Ausdehnung gelangen, wie in Amerika. Insbesondere steht auf das dort vorhandene Karburationsmittel ein so hoher Eingangszoll, daß von seiner Anwendung bei uns abgesehen werden muß. Wo daher Wassergas zu Beleuchtungszwecken dienen soll, müssen die Vorkehrungen der sogenannten Glühlicht- oder Incandeszenzbrenner, von welchen noch geeigneten Orts die Rede sein wird, Platz greifen. Indessen scheinen auch dem verschiedenartige Schwierigkeiten im Wege zu stehen; denn zu einer allgemeinen Beleuchtung mittels der betreffenden Lampenvorrichtungen hat man sich bis jetzt noch nirgends entschließen können, es sei denn, daß es sich darum handelte, große Fabrikräume (Gießereien 2c.), in welchen Wassergas auch anderen Zwecken dient, nebenbei mit Licht zu versehen. In einem Falle wird in Deutschland eine Tropfsteinhöhle (bei Warstein in Westfalen) mittels Wassergas-Glühlicht vollständig beleuchtet. Den hierzu dienenden Leuchtapparaten haften noch Mängel an, welche bisher die allgemeinere Anwendbarkeit scheitern ließen.

Es ist jedoch nicht undenkbar, daß die Frage der Wassergasbeleuchtung für Deutschland auch auf anderem Wege, der nach der Richtung eines Karburationsverfahrens eingeschlagen wird, gelöst werden kann. Gelegentlich einer eingehenden Studie über die Wassergasbeleuchtung in den Vereinigten Staaten gibt Hempel die Gesichtspunkte an, welche zu befolgen wären, um diese Beleuchtungsart technisch den Verhältnissen unseres Kontinents anzupassen. Von den in Amerika üblichen Karburationsmitteln muß, aus den oben angedeuteten Gründen, von vornherein Abstand genommen werden. Dagegen bieten sich an deren Stelle bei uns Surrogate, die demselben Zwecke dienen können. Hempel denkt in erster Linie an die flüssigen Destillationsprodukte der Steinkohlengasindustrie. Der Preis für Steinkohlenteer vermindert sich fortwährend, wozu namentlich der Umstand beiträgt, daß in neuerer Zeit auch viele Kokereien die kondensierbaren Destillationsprodukte sammeln und auf den Markt bringen. (Dies wurde bereits auch an anderer Stelle bemerkt, unter Hinweis darauf, daß die Gasfabriken vielfach den Teer zur Retortenheizung verfeuern, mangels einer vorteilhafteren Verwertung.)

Nach des Genannten Vorschlag wäre der Rohteer zur besseren Ausnützung erst durch Destillation in zwei Teile zu zerlegen; einen niedersiedenden, der höheren Preiswert besitzt und verkauft werden könnte, und einen hochsiedenden, welcher als billigstes Karburationsmittel dienen könnte. — Hier möge die naheliegende Frage eingeschaltet und erwogen werden, warum der billige Steinkohlenteer nicht auch schon längst als Material für die Oelgaserzeugung

nutzbar gemacht worden ist. Der Grund ist in dem zu hohen Kohlenstoffgehalt der meisten Teerdestillationsprodukte zu suchen. Steinkohlenteer enthält bis 33 Prozent Kohle, in fester, fein verteilter Form ausgeschieden; das übrige, aus sogenannten schweren Kohlenwasserstoffen bestehend, scheidet bei der Vergasung weitere Mengen Kohlenstoffs ab. Die Folge bei der Destillation in der Oelgasretorte würde eine baldige Verrußung der letzteren und der sich an dieselbe anschließenden Reinigungsapparate sein.

Anders verhält es sich bei der Verwendung des Teers zur Karburation von Wassergas. Hier muß erst kurz geschildert werden, auf welche Weise dieselbe in der Regel bei den amerikanischen Anlagen bewerkstelligt wird. Die beim Warmblasen gewonnenen Generatorgase werden mit Gebläsewind in einem Regenerator verbrannt, wobei sie diesen stark erhitzen. Beim nachfolgenden Prozeß des Gasmachens wird nun gleichzeitig das Karburationsmittel in den Regenerator eingeführt, um hier zunächst verdampft und dann in permanente Gase verwandelt zu werden. Dient nun zur Karburierung Steinkohlenteer, so würde auch hier, wie bei der trockenen Destillation desselben in Retorten, Ausscheidung von Kohlenstoff erfolgen, der Regenerator würde innen stark mit Ruß beschlagen werden. Dies hat indessen hier nichts zu bedeuten, da nach erneuter Vorkehrung des Prozesses wieder die Generatorgase im Regenerator verbrannt werden und bei einigem Luftüberschuß auch der Ruß verzehrt wird. Die durch die Rußverbrennung freiwerdende Wärme kommt dabei wieder dem Regenerator zu gut.

Giftigkeit des Wassergases. Wohl der einzige ernstliche Vorwurf, der sich gegen die Anwendung des Wassergases richtet, begründet sich in dessen erhöhter Giftigkeit. Wir haben das Kohlenoxyd als eine der giftigsten Gasarten kennen gelernt und wissen, daß seine Anwesenheit auch im gewöhnlichen Steinkohlengas zur Vorsicht mahnt beim Umgang mit demselben. Nun enthält das letztere nur beiläufig 8 Prozent Kohlenoxyd, Wassergas dagegen 25 bis 30 Prozent, selbst nach der Karburation. Demnach würde es gänzlich verfehlt sein zu behaupten, daß Wassergas darum 3 bis 4 mal so giftig sei, wie Steinkohlengas. Beide Gasarten sind eben giftig und wird sich nur bei Wassergas die Giftigkeit schon bei geringerer Menge, welche in die Zimmerluft ausgeströmt ist, zu erkennen geben.

In der That haben denn auch die erwähnten Bedenken die Entwickelung der Wassergasindustrie nicht zu hemmen vermocht. In Amerika, welches bereits auf eine zwanzigjährige Erfahrung zurückblicken kann, hat die Statistik gezeigt, daß seit Einführung des Wassergases eine Zunahme von Unglücksfällen durch Gaseinatmung nicht stattgefunden hat. Es sind daselbst nunmehr unter dem Publikum die Beängstigungen immer mehr verschwunden.

In technischer Hinsicht ist noch über die Giftigkeit des Wassergases zu erwähnen, daß das letztere in nicht karburiertem Zustand wegen seiner fast vollkommenen Geruchlosigkeit als ein um so gefährlicherer Feind auftreten könnte, und sind auch aus diesem Grunde anfänglich einige Vergiftungsfälle vorgekommen. Dem begegnet man aber jetzt auf sehr einfache Weise, indem man dem Gas durch ihren intensiven Geruch leicht bemerkbare Riechstoffe beimengt, so daß etwaige Gasentweichungen stets angezeigt werden. Als geeigneter Körper hierzu hat sich Merkaptan erwiesen, eine niedrig siedende Flüssigkeit, deren Dämpfe durchdringend lauchartig riechen.

Durch die Karburation wird dem Wassergas bereits ein so charakteristischer Geruch erteilt, daß es weiterer Vorkehrungen nicht mehr bedarf.

Die Anlage von Wassergasfabriken in Deutschland beschränkt sich zur Zeit auf nur einige wenige Werke und Anstalten, die sich das Gas hauptsächlich zu motorischen und metallurgischen Zwecken (Kraft- und Heizwirkung) zu Nutzen machen, mitunter nebenbei auch zur Beleuchtung mittels Glühlichtvorrichtungen. Nur in einem bekannt gewordenen Fall dient Wassergas ausschließlich zur Beleuchtung (der Bielsteiner Tropfsteinhöhle, bei Warstein in Westfalen). Bei der nachfolgenden Beschreibung verschiedener Wassergassysteme sollen die einheimischen zuerst Berücksichtigung finden, im Hinblick auf ihre, den Zwecken angepaßte, meist einfachere Gestaltung. Die amerikanischen, im Stile von großen Lichtzentralen angelegten Anstalten werden sonach abgehandelt werden.

Wassergasanlage ohne Regenerator. Das Bild einer Wassergasanlage ohne Regeneration bietet Fig. 1 u. 2, Taf. 20, im Querschnitt und Grundriß*). Dieselbe befindet sich auf dem Werke der Witkowitzer Bergbau- und Eisenhüttengesellschaft, dienend vorwiegend zu Schmelzprozessen, dann aber auch zur Beleuchtung und zum Kraftbetrieb von zusammen 223 Pferdestärken. Es sind dort 4 Generatoren vorhanden mit einer stündlichen Leistungsfähigkeit von zusammen 2400 cbm Gas. Das beim Warmblasen gewonnene Generatorgas wird unter Dampfkesseln zu deren Heizung verbrannt.

Der Generator ist ganz aus feuerfestem Thon aufgebaut. In seinem Innern stellt er einen sich nach unten verjüngenden Schacht dar mit einem Fassungsraum von 10 cbm. Der untere Teil des Generators wird da, wo er sich verengt und von der gebildeten flüssigen Schlacke am meisten zu leiden hätte, durch eine Rinne K umgeben, durch welche Kühlwasser geleitet wird. Die Schlacke erstarrt nunmehr an diesem Teil des Schachtes und kann durch tieferliegende Thüren, welche auf 4 Seiten des Generators angebracht sind, losgelöst und entfernt werden. Der untere Teil des Generators, welcher auf die Verengerung des Schachtes folgt, bietet wieder einen freieren Raum A für die Verbreitung der herabsinkenden Schlacke und den Eintritt der Gebläseluft in den Generator, sowie den Austritt des Wassergases aus demselben.

Beide Gasarten verkehren nämlich durch ein und denselben Rohransatz R an diesem unteren Teile des Generators. Ein vorgelagertes Schieberventil S ist einerseits durch Rohr g mit dem Skrubber, andererseits durch Windrohr W mit dem Gebläseapparat in Verbindung gesetzt. Der Schieber ist derart eingerichtet, daß bei jeder Stellung eine der genannten Leitungen verschlossen ist. Zu dem Ende ist er vor allem mit einer Wasserkühlung umgeben, um Verbiegungen der Teile des Apparates durch Temperaturwechsel möglichst vorzubeugen. Sodann hat man noch unterhalb des Schieberventils in das Windrohr bei d eine Drosselklappe eingesetzt, welche mittels einer Pleuelstange und beiderseitiger Kurbel mit dem Schieber in Verbindung steht. Oeffnet der letztere die Gasableitung g, so schließt er auch die Windleitung und damit gleichzeitig die Drosselklappe d. Es sind diese Vorkeh-

*) Jahresberichte der chem. Technologie 1887.

rungen von Wichtigkeit im Hinblick auf die Explosionsgefahr beim Uebertreten von Luft zu dem gebildeten Wassergas, was bei einem Ueberdruck des Windes leicht erfolgen könnte.

Die Zuführung des Dampfes in den Generator erfolgt mittels der Düse D am oberen Ende des Schachtes. Durch ein Ventil V kann der Dampfzulaß geregelt werden. Auch dieser ist durch eine selbstthätige Uebertragung mit der Ableitung und Zuleitung im unteren Teil des Generators in Abhängigkeit gebracht. Es ist nämlich das Dampfventil mittels einer Pleuelstange mit dem Schieberventil S verbunden.

Der Ausgang für die beim Heißblasen des Generators entwickelten Gase befindet sich gleichfalls am oberen Teile des Schachtes, gegenüber dem Dampfventil. Ein weites Knierohr, welches die Gase ableitet, kann mittels Kegelventils G bei G′ geschlossen werden. Das letztere wird mittels einer Führungsstange durch die Kappe des Knierohres geführt. Zur Abdichtung gegen ausströmendes Gas bewegt sich ein mit der Führungsstange verbundener Köcher in einer mit Wasser gefüllten doppelten Hülse, welche die Führungsstange einschließt.

Da das Schließen und Oeffnen auch des Ventiles G im Einklang mit den übrigen Ventilen zu erfolgen hat, so hat man es mit den letzteren gleichfalls in Verbindung gesetzt, indem man das obere Ende der Führungsstange mit einer Kette verband, welche über eine Rolle nach einem Rad T′ der Welle T führt, durch deren Drehung auch die übrigen Ventile in Thätigkeit gesetzt werden. Die ganze Regierung der Ventile liegt schließlich in dem Handrad H, dessen Achse senkrecht auf dem Arbeitsboden steht. Die Drehung dieses Rades wird mittels Uebersetzung konischer Zahnräder auf die Welle T übertragen. Die gegenseitige Lage der Ventile ist dann stets die folgende:

I. Stellung: (Warmblasen)	Geöffnet:	Drosselklappe d Schieber W der Windleitung Ventil G.
	Geschlossen:	Wassergasleitung g Dampfventil D.
II. Stellung: (Gasmachen)	Geöffnet:	Dampfventil D Wassergasleitung g.
	Geschlossen:	Drosselklappe d Schieber W der Windleitung Ventil G.

Die Füllung des Generators erfolgt durch den Einwurftrichter E mit den beiden Verschlüssen e_1 und e_2.

Als weiteres Einrichtungsstück der Wassergasanlage bleibt nur noch der Skrubber zu erwähnen. Derselbe besteht in einem cylindrischen Kasten aus Kesselblech. Das Gas tritt in seinen unteren Teil ein und überwindet hier zunächst bei w einen Wasserverschluß, welcher das Rohr g abschließt gegen das Zurücktreten des Wassergases in den Generator. Die Wasserfüllung im unteren Teil des Skrubbers erfüllt also gleichzeitig den Zweck einer Vorlage. Indem das Gas im Innern des Skrubbers emporsteigt, wird es durch Wasser gewaschen, welches sich aus Brausen b an der Decke des Apparates auf dessen Koksfüllung ergießt.

Das Gas findet seinen Austritt am oberen Teil des Skrubbers; es rd von hier aus unmittelbar nach dem Gasometer oder der Verbrauchs- lle geführt.

Ueber den Betrieb der beschriebenen Anlage gibt v. Langer Auf- lüsse. Zur Anheizung wird in dem Generator ein Holzfeuer entwickelt ıd auf dieses etwa 700 kg Koks aufgeschüttet. Schon jetzt wird mit dem inblasen begonnen, das Handrad H wird zu dem Zwecke auf die Stellung I bracht. Man läßt so viel Wind in den Generator eintreten, daß in dessen nterem Teil bei A ein Druck von ungefähr 50 mm Wassersäule herrscht. ie Einfüllung in den Generatorschacht wird nun immer weiter fortgesetzt, r Gebläsewind im selben Maße verstärkt. Die Generatoren können in ½ Stunden gefüllt werden; dann muß der Druck des Windes 400 mm Wassersäule im Gleichgewicht erhalten.

Die entwickelten Generatorgase werden durch Rohr B abgeleitet. Man hrt sie zur Ausnützung auf den Witkowitzer Werken unter das Rost- ner von 4 Dampfkesseln, damit sie diese Heizung unterstützen oder teilweise setzen. Die anfänglich auftretenden Gase, welche neben dem Stickstoff noch el Kohlensäure enthalten, sind nur geringwertig, erst später werden sie ennbar.

Wenn der Inhalt des Generators auf die erforderliche Weißglühhitze bracht ist, so wird mit der Wassergaserzeugung begonnen. Man gibt zu dem ıde der Ventilsteuerung die Stellung II. Der Dampf beginnt in den eren Teil des Generators einzublasen; er trifft hier auf den glühenden ks und vergast damit, indem er sich durch die Füllung des Generatorschachtes ch dessen unteren Teil begibt. Das entstandene Wassergas wird durch g ch dem Skrubber geleitet, wo es gewaschen wird, um nachher in den Gas- hälter geleitet zu werden.

Nach 5 Minuten der Wassergasbildung ist der Generator soweit ab- kühlt, daß der Gehalt des Produktes an Kohlensäure seine eben noch zu- ssige Höhe erreicht hat. Jetzt werden die Ventile wieder umgestellt (Stel- ng I), und es beginnt die Wärmeentwickelung im Generator, wie zu An- ng, aufs neue. Das Warmblasen wird immer 10 Minuten fortgesetzt, ihrend das Gasmachen 5 Minuten in Anspruch nimmt.

Die Erzeugungskosten für 1 cbm Wassergas stellen sich auf 1 Pfg., jenigen für 1 cbm Generatorgas auf 0,34 Pfg. — Preis des ver- sten Brennstoffs zur Zeit dieser Berechnung etwa 1 Mark pro 100 kg.

Aehnliche Wassergasanlagen, wie die so eben beschriebene, befinden sich ch auf anderen Schmelzwerken. Man trifft jeweils die Anordnung so, ß man zu einem System zwei Generatoren aufstellt und in diesen die assergasbildung abwechselnd sich vollziehen läßt. Das entwickelte Gas rd durch einen gemeinschaftlichen Skrubber geleitet. Nach der anderen ite hin verbindet man die Generatoren zweckmäßig mit einem gemein- aftlichen Staubsammler, einem dem Skrubber ähnlichen Apparate, in wel- m die beim Warmblasen aus dem Generator getriebenen Gase gereinigt rden.

Wassergasapparat mit teilweiser Regeneration. Von einer Regene- ion der im Generatorgase enthaltenen Wärme zum Zwecke der Wasser- sbildung hat man in den meisten Fällen deshalb Abstand genommen, weil hin gehende Erfahrungen gezeigt hatten, daß die Regeneratoren durch die

in ihnen sich vollziehende intensive Verbrennung des Gases mit dem Gebläsewind in hohem Grade beansprucht wurden. Der Hitze konnten auch die Schamottesteine auf die Dauer keinen Widerstand leisten, sie wurden zerstört. Mit vielem Erfolg ist in dem Werke von Schulz & Knaudt in Essen bei der Konstruktion einer Wassergasanlage nach den Patenten von Strong das Prinzip einer wenigstens teilweisen Regeneration in Anwendung gebracht*). Es besteht dasselbe darin, daß das Generatorgas im Ueberhitzer mit Luft nicht verbrannt wird, sondern hier bloß seine Wärme abzugeben hat, welche der Bildungswärme des Kohlenoxyds entspricht. Die bei der Verbrennung des Kohlenoxyds zu Kohlensäure freiwerdende Wärme kann dann an jeder beliebigen Stelle für Heizungszwecke nutzbar gemacht werden.

Die hierzu dienende Anlage wird durch die Querschnittszeichnung, Fig. 1, Taf. 21, veranschaulicht; sie gibt den Generator, welcher in seiner Konstruktion mit demjenigen der Witkowitzer Anlage in der Hauptsache übereinstimmt, zu erkennen; an ihn schließen sich zwei hintereinander geschaltete Regeneratoren an. Der Skrubber befindet sich auf der anderen Seite des Generators. Die ganze Anordnung des Systems wird auch aus der Grundrißzeichnung, Fig. 2, Taf. 21, deutlich erkennbar. G bezeichnet den Generator, R_I und R_{II} die beiden Regeneratoren, S den Skrubber mit dem Kühlwasserrohr k, W die Gebläsewindleitung, V das Handrad für die Steuerung der Ventile; die Zuleitung für den Unterwind ist bei U zu erkennen; W bezeichnet den Wasserkühler-Schieber. Es ist auch eine Zuleitung O für Oberwind vorgesehen, um beim Warmblasen das Generatorgas sofort über der Schachtfüllung verbrennen zu können, wodurch eben der Regenerator höher erhitzt würde; in der Regel wird jedoch hiervon bei der zu beschreibenden Anlage keine Anwendung gemacht.

Beim Warmblasen des Generators gelangt das Gas unmittelbar vom oberen Teil des Schachtes durch einen kurzen Arm hindurch nach dem ersten Regenerator R_I, in welchem es in einfachen, durch Scheidewände gebildeten Kanälen dreimal auf- und abgeführt wird. Am unteren Ende des Apparates tritt das Gas in den zweiten Regenerator R_{II} über. Dieser ist im Innern mit einem Gitter aus Schamottesteinen ausgestattet, zwischen welchen das Gas in die Höhe steigt. Auf diesem Wege durch die Regeneratoren gibt das heiße Gas an die Wände und Steine desselben seine Wärme ab und tritt oben im abgekühlten Zustand durch die geöffnete Verschlußklappe v in die Gasableitung T ein, durch welche es an einen beliebigen Punkt hin der Verwendung zugeführt werden kann. Beim Gasmachen wird die Schieberstellung im allgemeinen gerade so, wie bei dem vorhin beschriebenen Apparate gegeben. Man hat hier zu beachten, daß der Dampfeinlaß am Ende des Regeneratorsystems bei D liegt. Indem der Dampf hier eintritt und durch die Apparate hindurch sich nach dem Generator bewegt, nimmt er die hier aufgespeicherte Wärme auf.

Wie die Berichte über die Erfahrungen mit dem Essener Wassergaswerke lauten, ist durch die Regeneration die Menge des innerhalb einer Stunde erzeugten Wassergases von 120 auf 250 bis 300 cbm gestiegen, ohne daß hiermit ein merklicher Mehrverbrauch an Brennstoff verbunden gewesen wäre. Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, daß zur Füllung des Generators ein für jeden anderen Heizzweck als sehr geringwertig zu be-

---

*) Stahl und Eisen 1886.

trachtender Brennstoff verwendet wird, Schröben aus der Asche der Puddel- und Schweißöfen, welche 10 bis 30 Prozent Asche enthalten. Allerdings muß unter diesen Umständen wegen der reichlichen Schlackenbildung auf alle Fälle für eine Wasserkühlung des unteren Generatorschachtes Sorge getragen werden. — Die Zusammensetzung des erhaltenen Wassergases nach Volumprozenten ist: Kohlensäure 4, Kohlenoxyd 41, Wasserstoff 50, Stickstoff 5.

Wassergaserzeugung nach Loomis. Für Zwecke der Heizung z. B. bei metallurgischen Operationen erweist sich die Anwendung reinen Wassergases immerhin als ziemlich kostspielig, wenn nicht die beim Warmblasen gewonnenen Generatorgase vorteilhaft verwertet werden können. Nach einem von Loomis ersonnenen (in Deutschland unter 49224 patentierten) Wassergasprozeß werden die beiden Gasarten, jede für sich getrennt, in besonderen Gasometern aufgefangen, um sodann, jedes für sich oder zusammen in bestimmter Mischung, beliebiger Verwendung zugeführt zu werden. Die Einrichtung der erst vor wenigen Jahren eingeführten Wassergasanlage, welche bereits einige Verbreitung in den amerikanischen Staaten gefunden hat, ist durch Fig. 3, Taf. 21, zur Anschauung gebracht.

Der gesamte Apparat besteht im wesentlichen aus einem Generator, aus welchem vom oberen Teile das Wassergas, vom unteren Teile das Generatorgas durch besondere Leitungen nach dem Gasometer abgeführt werden. Die Bewegung des Gases wird im ersten Falle durch den eingeblasenen und mit der Kohle vergasenden Wasserdampf, im zweiten Falle durch Saugen mittels eines Exhaustors bewirkt.

Der Generator A besitzt an seinem oberen Teile eine Einfüllöffnung a für den Brennstoff, zu dessen Verbreitung in dem weiten Schacht eine Verteilungsvorrichtung dient. Es besteht dieselbe zunächst aus dem konischen Ringe C′, welcher durch Bolzen mit der Gicht a des Generators verbunden ist. Nachdem der Deckel z des letzteren zum Einfüllen von Brennstoff geöffnet ist, wird Kegel c auf den soeben erwähnten Ring C′ aufgesetzt, beide ergänzen sich zu einem größeren Kegel, der nur bewirkt, daß beim Einwerfen des Brennmaterials dieses namentlich nach den Seiten des Generatorschachtes geworfen wird, woselbst es die beim Warmblasen aufgespeicherte Wärme bei der Wassergasbildung sofort wieder beanspruchen kann.

Der untere Teil des Generators verjüngt sich sehr rasch, um nur noch für einen Rost b Platz zu lassen. Unter dem letzteren befindet sich der Gaskanal PfF, welcher gegen die sich anschließenden Leitungen durch den Schieber f′ abgesperrt werden kann. Von der Vorderseite des Ofens aus kann dieser Kanal durch die Putzthüre v gereinigt werden. Aehnliche Putzthüren a′ führen auch nach dem Innern des Generatorschachtes.

Die Luftzuführungen (für das Ansaugen von Luft mittels Exhaustors) befinden sich am oberen Teile des Generatorschachtes. Es dient hierzu erstlich die Einfüllöffnung a, von welcher zu dem Zwecke einfach der Deckel abgenommen wird. Dann führt ein Luftkanal D durch das Mauerwerk des Ofens, der gegen außen mit dem Luftspeiserohr M in Verbindung steht, welches durch die Klappe m verschlossen werden kann, und der gegen das Innere des Schachtes einen Kranz von Düsen entsendet, aus welchen die Luft in den Generator eintritt.

In ganz ähnlicher Weise ist ein zweiter Kanal E parallel zum ersten in einer tieferen Lage des Ofenmauerwerks befindlich angeordnet, [illegible]lbe

dient dem Zwecke, das Wassergas aus dem Generator zu sammeln und an die Leitung E' abzugeben.

Die Dampfzuführung wird durch das weitere Rohr S, welches von dem Dampfkessel H' hergeleitet ist, vermittelt. Dasselbe entsendet drei engere Abzweigungen nach dem Generator, beziehungsweise den nach diesem führenden Kanälen. Das Rohr s führt den Dampf in den Kanal E des Generators, s' in den Schacht des letzteren selbst und endlich s" in den Kanal f. Sämtliche Zweigröhren können durch entsprechende Ventile t, t', t" verschlossen werden.

An den Kanal F für das abziehende Generatorgas schließt sich ein Kondensator H an, in welchem durch eingelegte Röhren k Kühlung mittels Luft oder Wasser bewirkt werden kann. Dieser Apparat läßt in seinem unteren Teile einen Raum M frei, nach welchem zur bequemen Reinigung Oeffnung u' mit Deckelverschluß v' führt. Desgleichen ist der obere Teil des Kühlers frei. Die so gebildete obere Kammer entsendet auf einer Seite ein Knierohr Y gegen oben, welches als Abzugsrohr für die Gase dienen soll, wenn etwa der Saugapparat versagt. Es ist zu diesem Zwecke mit dem Kugelventil y ausgestattet, welches, in einer Erweiterung des Rohres gelagert, von außen mittels eines Hebels gelüftet werden kann.

Auf der anderen Seite der Kammer wird das Gas weiter geführt auf dem Wege der Rohrleitungen I, I', J, X nach dem Gasbehälter. Es erreicht zunächst den Exhaustor T, welcher durch die Dampfmaschine z getrieben wird. Sodann gelangt es durch das Siphonrohr I', welches an dieser Stelle angeordnet ist, um auf hydraulischem Wege nach Bedarf einen vollkommenen Abschluß der Leitung gegen den Durchtritt des Gases zu sichern. Zu dem Ende führt von dem tiefsten Punkte des Siphonrohres aus ein Rohr i beinahe auf den Boden des allseitig geschlossenen Windkessels I". Dieses Rohr kann durch einen Schieber i' abgestellt werden. An dem einen Schenkel des Siphonrohres mündet Wasserleitung O mit Ventil o ein, durch welche man den Apparat auf eine bestimmte Höhe mit Wasser anfüllen kann. Man füllt damit den Kessel I", indem man bei geöffnetem Schieber i' ein am oberen Ende des Windkessels befindliches Ventil i„ für den Austritt der Luft öffnet. Andererseits kann man, wenn jenes Luftventil geschlossen ist, durch Einblasen von Dampf mittels des Rohres S' (Ventil t''') die Flüssigkeit aus dem Behälter I" durch das Steigrohr i hindurch in den Siphon emporheben, wodurch der letztere abgesperrt wird.

Die Ableitung für das Wassergas aus dem Generatorschacht führt von dem Kanal E aus durch das Rohr E' in die Vorlage G. Diese dient nur zur Bewirkung eines hydraulischen Verschlusses. Das Rohr E' taucht hier unter Wasser und kann außerdem an seiner Mündung gegen den Austritt des Gases durch eine Ventilklappe verschlossen werden, welche, am Ende einer Schieberstange g" befestigt, in jeder Lage festgehalten werden kann. Diese geht nämlich durch das Rohr E' hindurch, indem sie in einer Hülse g gelagert ist, deren eines Ende durch das Knie des Rohres hindurchführt, während das entgegengesetzte Ende unter Wasser in der Vorlage ausmündet. Durch diese Führungsweise der Stange g" wird die Schwierigkeit einer Stopfbüchsenführung umgangen.

Zur Inbetriebsetzung des Apparates wird der Generator auf die bereits geschilderte Weise mit Kohle gefüllt, bis der Brennstoff die Höhe erreicht, welche zwischen den beiden Kränzen von Düsen der Kanäle D und E

liegt. Es wird nun den Ventilen und sonstigen Verschlüssen zunächst die folgende Stellung gegeben. Der Luftzuführungskanal D wird geöffnet, wie auch der Verschlußdeckel des Generators offen bleibt. Der Schieber f' wird emporgezogen, um den Kanal F freizugeben, welcher nach dem Kühler H führt. Das Sicherheitsventil y befindet sich in der Ruhelage, indem es das Rohr Y absperrt. Die Siphonröhre I' wurde durch Oeffnen des Schiebers i' nach I" entleert. Geschlossen sind nur der Wassergaskanal E' mittels der Einrichtung G, sowie ferner die drei Dampfventile t, t' und t".

Wird nunmehr der Exhaustor T in Thätigkeit gesetzt, so bewegt sich ein Gasstrom durch den Generator hindurch nach dessen Boden, durch den Rost, den Gaskanal, den Kühler, den Saugapparat und die Rohrstrecken I', J und X nach dem Gasbehälter. Die atmosphärische Luft findet ihren Eintritt in den Generator durch dessen geöffnete Einfüllöffnung, sowie die Düsen D; es wird in der Regel genügen, wenn nur die erstere geöffnet ist. In dem brennenden Inhalt des Generators vollzieht sich eine Gasbildung in der Richtung des Gasstromes von oben nach unten, indem sich in den oberen Schichten, in welchen sich atmosphärischer Sauerstoff und Kohle bei vorwiegender Menge des ersteren treffen, hauptsächlich Kohlensäure bildet, welche auf dem weiteren Wege durch die Brennstofffüllung zu Kohlenoxyd reduziert wird.

Die Generatorgase gelangen durch den Kanal PF nach dem Kühler H, in welchem sie emporsteigen und dabei die Hauptmenge ihrer Wärme an die Kühlflächen abgeben. Sind die Röhren k auf Wasserkühlung eingerichtet, so kann die abgegebene Wärme dazu nutzbar gemacht werden, Dampf für den Kessel H' zu liefern. Das Generatorgas gelangt jetzt in hinreichend abgekühltem Zustand durch den Saugapparat und den bereits beschriebenen weiteren Weg nach dem Gasometer oder auch unmittelbar nach dem Verbrauchsorte. Insbesondere dient eine gewisse Menge dazu, den Dampferzeuger K mit Wärme zu versehen; ein Zweigrohr J' mit Ventil j führt das Gas von der Hauptleitung nach dem Verbrennungsraum.

Zur Erzeugung von Wassergas läßt man den Gasstrom in umgekehrter Richtung wie vorhin, von unten nach oben, im Generator emporsteigen. Man bringt zunächst den Exhaustor vollständig zur Ruhe. Hierauf schließt man den Deckel z der Einfüllöffnung, den Luftkanal D, den Generatorgaskanal F durch den Schieber f' und füllt noch zur erhöhten Sicherheit gegen das Zurücktreten von Gas das Siphonrohr I' mit Wasser an. Geöffnet wird zunächst nur die Ableitung EE' für das Wassergas durch die Verschlußklappe g" für das Tauchrohr. Sodann beginnt man mit dem Dampfzulaß. Man öffnet zunächst das Ventil t", welches den Dampf durch Rohr s" in den Gaskanal F eintreten läßt. Der Dampf wird, indem er durch diesen Kanal sich unter den Rost begibt, durch die hier aufgespeicherte Wärme überhitzt. In diesem Zustande trifft er mit dem glühenden Brennstoff zusammen; es bildet sich Wassergas. Je nach Bedarf kann man auch durch Rohr s' den Dampf unmittelbar in den Generatorschacht einblasen. Das gebildete Gas tritt vom Generator durch die Düsen des Kanals E in diesen ein; es gelangt auf dem Wege durch das Leitungsrohr E' in die Vorlage G, woselbst es den Wasserdruck der Tauchung überwindet. Endlich wird es oben aus der Vorlage durch das Rohr E" weiter nach dem Gasometer oder dem Verwendungsort geführt.

Die Leitung des Betriebs ist dieselbe, wie bei den anderen Systemen. Man beginnt mit der Generatorgaserzeugung, um hierdurch, neben dem Zweck der Gewinnung des Generatorgases, der Brennstofffüllung die für den folgenden Wassergasprozeß erforderliche Temperatur zu erteilen. Man wird unter Umständen die Generatorgasbildung eine längere Zeit sich fortsetzen lassen, als zu dem letzterwähnten Zwecke gerade nur erforderlich ist, da man ja beide Gasarten für dieselbe Verwendungsweise herstellt.

Es muß hier übrigens bemerkt werden, daß eine Verwendung des Generatorgases, wie sie hier angestrebt ist, nicht rationell genannt werden kann. Die bei der Bildung des Kohlenoxyds frei gewordene Wärme, welche mit den Generatorgasen aus dem Schachte des Generators hinausgetragen wird, geht in dem Kühler wie überhaupt in der weitläufigen Leitung verloren. Die Generatorfeuerung kann aber nur da ihren vollen Wert entfalten, wo die entwickelten Gase auf dem kürzesten Wege nach der Verbrauchsstelle gelangen, so daß die gesamte Wärme nutzbar verwendet wird, welche bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure nach dem Vorgange $C + O_2 = CO_2$ frei wird. Dem Prinzip des Apparates fehlt die Regeneration der bis jetzt verloren gehenden Wärme.

Die nach dem Prozeß von Loomis erhaltenen Gasarten besitzen die folgende Zusammensetzung:

	Wassergas	Generatorgas
Kohlensäure . . .	4,5	7,4
Kohlenoxyd . . .	36,6	22,5
Wasserstoff	57,4	13,2
Stickstoff	1,5	59,9

Eine Reinigung erfährt das Gas nicht, da seine ausschließliche Bestimmung zu Heizzwecken solche nicht erheischt.

Situationsplan einer Wassergasanstalt ohne Karburation. In Deutschland sind zur Zeit bereits mehrere Wassergasanstalten in Betrieb, welche sämtliche von der „Europäischen Wassergas-Aktien-Gesellschaft“, deren Sitz in Essen, eingerichtet worden sind. Genanntes Unternehmen baut nach einer Reihe von eigenen Patenten, die sich an die amerikanischen anlehnen; zu ihren vornehmsten Arbeiten zählt die S. 247 beschriebene, dem Strongschen Wassergasprozeß entsprechende, bei Schulz & Knaudt in Essen gebaute Anlage, welche neben metallurgischen Zwecken auch zur Lieferung von Licht mittels Magnesiakämmen zu sorgen hat; es werden etwa 1000 Flammen gebrannt. Eine weitere Anstalt mit Wassergasbeleuchtung als Nebenzweck besteht (seit 1887) in dem Werke der Firma Jul. Pintsch in Fürstenwalde, eine solche in der Nervenheilanstalt von Dr. Kahlbaum in Görlitz (für Motorbetrieb, Heizung der Küchenherde und Zimmeröfen, sowie für Beleuchtung). Besonders hervorzuheben ist die Wassergasanlage in Warstein i. W. zur Beleuchtung der in der Nähe dieser Stadt befindlichen Bilsteiner Tropfsteinhöhlen. Es sind zwei Gaserzeuger aufgestellt zu 12 und 25 cbm stündlicher Produktion. Um Gasausströmungen leicht bemerkbar zu machen, wird dem Gas erst durch Berührung mit einer 5prozentigen Merkaptan-Lösung in Spiritus Geruch erteilt.

Als typisch für die von der Europäischen Wassergasgesellschaft angelegten *Gasfabriken* kann der in Fig. 1 u. 2, Taf. 22, gegebene Plan angesehen

werden. Die daselbst skizzierte Anlage ist gedacht für eine stündliche Produktion von 12 bezw. 25 cbm, je nachdem ein oder zwei Gaserzeuger in Thätigkeit sind. Es sind auf den Querschnitt- (Fig. 1) bezw. Grundriß- (Fig. 2) Zeichnungen zu erkennen: die beiden Wassergasgeneratoren G, Umsteuerungs- und Drehschieber d, Windleitung w, Gasleitung g, Dampfventil V, Strubber S, Töpfe zur Wasserabscheidung T, Reiniger L, K_1 und K_2, die Merkaptanvorrichtung M, Gasmesser U, Dampfmaschine D und das Windgebläse W. Zum Gasometer gelangt das erzeugte Wassergas durch das Rohr a, von demselben hergeführt wird es durch b, um jetzt erst die Reinigungsapparate im Fabrikgebäude zu passieren und nach seiner Messung dem Verbrauche zugeführt zu werden.

Kosten des Wassergases in Deutschland. Ueber die Preise des Wassergases zu Heiz- und Beleuchtungszwecken, wie sich solche bei den zur Zeit in Deutschland ausgeführten Anlagen kalkulieren, liegen sehr genaue Berechnungen von seiten des „Centralbüreaus der europäischen Wassergas-Aktiengesellschaft“ vor. Je nachdem das Gas zu Industriezwecken (Heizung) allein oder auch zur Beleuchtung Verwendung findet, stellen sich seine Erstehungskosten wie in der nachfolgenden Uebersicht angegeben ist, wobei noch die Höhe der Anlagekapitalien als von besonderem Interesse hervortreten dürfte. Noch ist zu bemerken, das sämtliche angegebenen Preise ohne Patentgebühren kalkuliert sind; die Kosten für das Kubikmeter Gas werden mit denselben sich um ein weniges höher stellen.

		A) Gas für Beleuchtung, Heizung 2c.						B) Gas für Industriezwecke.					
		10 St. Betrieb			20 St. Betrieb			10 St. Betrieb			20 St. Betrieb		
Größe der Apparate in cbm stündl. Prod.	cbm	1000	250	50—70	1000	250	50—70	1000	250	50—70	1000	250	50—70
Anlagekosten . . .	Mk.	100600	36200	17000	100600	36200	17000	56800	26200	12980	56800	26200	12980
Amort. u. Verzinf., 9% pro cbm	Pfg.	0,30	0,43	0,73	0,15	0,215	0,365	0,17	0,31	0,55	0,085	0,155	0,275
Brennmaterial, 1 kg für 1 cbm, 8 Mk. die Tonne	"	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Reinigung des Gases mit Lux-Masse	"	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	—	—	—	—	—	—
Wasser für Kühlung und Dampfkessel	"	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Arbeitslohn	"	0,12	0,32	0,64	0,12	0,32	0,64	0,08	0,18	0,64	0,08	0,18	0,64
Preis des cbm Gas für Heizzwecke 2c.	"	1,33	1,66	2,28	1,18	1,44	1,915	1,13	1,37	2,07	1,045	1,215	1,795
Preis des cbm Gas für Beleuchtung*) . . .	"	1,95	2,28	2,90	1,805	2,07	2,54	—	—	—	—	—	—
Preis des cbm Gas bei rationeller Verwendung des Generatorgases**)	"	1,55	1,88	2,50	1,405	1,67	2,14	0,73	0,97	1,67	0,645	0,815	1,395

*) Der um 0,625 Pfg. höhere Preis ergibt sich aus dem Aufwand an Glühkörpern, die der Abnutzung unterworfen sind.
**) In diesem Falle ist das Wassergas nur mit $^1/_2$ kg Brennmaterial zu belasten.

Amerikanische Wassergasanlagen für Beleuchtungszentralen. Wie bereits früheren Orts hervorgehoben wurde, ist für die Fabrikation von Wassergas in Amerika die für die dortigen Verhältnisse so vorteilhafte Karburation charakteristisch, und wohl nirgends dürfte man sich daselbst in größerem Umfange der Glühlichtvorrichtungen bedienen. Die Systeme, nach welchen Wassergas in den amerikanischen Staaten bereitet wird, haben beiläufig 30 Urheber; sie besitzen zum Teil sehr ungleiche Verbreitung. Im Jahre 1894 war das System von Lowe mit 120 Anlagen in Anwendung, das nächstfolgende von Granger mit nur 49, alle anderen in weniger Werken vorhanden. In den Vereinigten Staaten begann man vor 20 Jahren mit der ersten Anlage eines Wassergasbetriebes; heute bestehen deren über 350; die größten Städte sind allgemein damit ausgestattet. Das Wassergas erfreut sich dort großer Beliebtheit, nachdem die anfänglichen Bedenken wegen seiner Giftigkeit, als nicht sehr gewichtig, geschwunden sind; es verdankt dieselbe seinem billigen Preise und der hohen Lichtstärke, gegenüber dem aus gewöhnlichen Lampen gebrannten Steinkohlengas. Die letztere wird zu 23 bis 25 Kerzenstärken angegeben. — Nähere Kenntnis der amerikanischen Wassergasfabrikation verdankt die Litteratur namentlich den Darlegungen Hempels, welche dieser Technologe in einer Studie über Gasbereitung*) gegeben hat, und welchen wir auch folgen bei den beiden nächsten zu beschreibenden Wassergasprozessen nach Lowe und nach Hanlon & Leadley.

Wassergasanlage von Lowe. In der ersten, schon sehr vollkommenen Wassergasanlage zu Beleuchtungszwecken von Lowe, Fig. 1, Taf. 23, bietet sich uns bereits die Anwendung eines Regenerators dar, und dieser Teil kehrt wieder als zu sämtlichen Systemen der amerikanischen Ingenieure gehörig. Der Regenerator dient jeweils dazu, mit Hilfe der in ihm aufgespeicherten Wärme die Ueberführung der Dämpfe des Vergasungsöles in permanente Gase zu bewirken, er ersetzt demnach in seiner Wirkung eine Oelgasretorte.

Der Generator A ist aus Formsteinen aus feuerfestem Thon aufgeführt und nach außen zur besseren Zusammenhaltung der Wärme mit einem weiten Blechmantel umgeben, so daß dieser gegen das Mauerwerk einen Zwischenraum frei läßt, welch letzterer mit einer Wärmeschutzmasse ausgefüllt ist. Die Einfüllöffnung des Generators wird an dessen oberem Teile durch eine aufgesetzte Gicht gebildet, welche mittels eines Deckels und Bügelschraube a nach Art der Gasretorten verschlossen werden kann. An seinem unteren Umfang ist der Generator durch die Thüren H zugängig gemacht, um die Schlacke entfernen zu können.

Die Zuleitung des Windes erfolgt durch das Rohr c mit dem Ventil h nach dem unteren Teil des Generators, die Ableitung der Generatorgase an dem oberen Teil des Schachtes durch das eiserne Rohr b, welches innen mit Schamotte ausgefüttert ist, um einem Wärmeverlust möglichst vorzubeugen und das Rohrmaterial zu schützen.

Der Dampf wird von unten in den Generator eingeblasen, sein Zutritt kann durch ein Ventil geregelt werden, welches sich von der Arbeitsplatte in der Höhe der Gicht des Generators aus bethätigen läßt.

---

*) Journ. f. Gasbel. 1887.

Gleichfalls in den Generator, jedoch in dessen oberen Teil unmittelbar um die Einfüllöffnung herum, führt der Zulauf für das flüssige Vergasungsmaterial (Naphta). Das letztere wird, aus dem Behälter G kommend und in seinem Ausfluß durch Hahn i geregelt, durch den Verteiler f in einer Anzahl siphonartig gebogener Röhren, welche einen hydraulischen Abschluß bewirken, nach dem Generator geleitet.

Der zweite Hauptteil der Anlage, der Regenerator oder Ueberhitzer B, ist, ähnlich wie der Generator auf einem Sockel von Bausteinen sich erhebend, aufgebaut aus Schamotte, und nach außen mit Wärmeschutzmasse und einem Mantel aus Kesselblech umgeben. Das Innere des Ueberhitzers wird gebildet durch Fachwerk aus Schamottesteinen. Gegen oben schließt der Apparat ab mit einer Gicht, ähnlich derjenigen des Generators, nur daß diese mittels eines einfachen Deckels, bestehend in einer konischen Klappe, durch einen belasteten Hebel geschlossen werden kann. Dieser Teil des Ueberhitzers ist von einem Kasten aus Kesselblech umgeben, welcher als ein Abzug für hier entweichende Gase diese über Dach führt und nur von der Seite mittels der Thüre d zugänglich ist. Der Ueberhitzer empfängt von unten auf der einen Seite durch das Rohr b die Generatorgase, auf der anderen Seite durch ein mit der Windleitung in Verbindung stehendes Rohr e Gebläsewind, dessen Zutritt durch Ventil e' geregelt werden kann.

Vom oberen Teil des Regenerators führt eine Rohrleitung R in rechtem Winkel nach den Gas-Reinigungsapparaten, deren Einrichtung weiter unten beschrieben werden soll.

Noch ist, als zu den Gas-Erzeugungsapparaten gehörig, der Ventilator F zu erwähnen, dessen Flügelrad durch eine darüber angeordnete Dampfmaschine getrieben wird. Die erzeugte Gebläseluft kann von einem gemeinsamen Windkanal aus sowohl in den Generator als auch in den Ueberhitzer eingeleitet werden.

Zur Einleitung der Wassergaserzeugung wird der Generator auf dieselbe Weise in Betrieb gesetzt, wie dies bei dem bereits beschriebenen Systeme der Fall ist: Der mit Kohle (Anthracit) gefüllte Schacht erhält von unten durch das Rohr c Gebläsewind, nachdem das Ventil h geöffnet ist. Die entwickelten Generatorgase treten durch das Rohr b in den Generator über, in welchem sie emporsteigen und zunächst ohne weiteres aus dessen Gicht entweichen, um durch den Abzug abgeleitet zu werden. Erst wenn die Gase mit einem hinreichenden Gehalt an Kohlenoxyd aufzutreten beginnen, werden sie zur Entflammung gebracht. Man läßt zu dem Ende durch Oeffnen des Ventiles e Gebläsewind auch in den Regenerator eintreten. Die Generatorgase beginnen sofort zu brennen, da sie die hierzu erforderliche Entzündungstemperatur aus dem Generator mitbringen. Die Flamme schlägt jetzt durch das Gitterwerk des Ueberhitzers empor und gibt ihre Wärme an die Schamottesteine ab, deren Temperatur allmählich bis zum oberen Teil des Apparates auf Weißglühhitze gesteigert wird. Dies wird in etwa 10 bis 15 Minuten erreicht sein; dann befindet sich auch die Brennstofffüllung des Generators in Weißglut.

Jetzt wird der Gebläsewind der beiden Apparate abgestellt, indem man die Ventile h und e' schließt; der Ventilator wird indessen nicht vollständig in Ruhe gesetzt, man läßt ihn vielmehr nur langsamer laufen, so daß die eingestrichene Luft durch Löcher vor den Ventilen c und e austreten kann. Man will dadurch erreichen, daß durch Zurücktreten von Wassergas in die Windleitung hier keine Explosion erfolgen kann. Ebenso wird die Gicht des

Ueberhitzers B geschlossen. Durch Oeffnen des Ventiles g läßt man in den Generator von unten Dampf einströmen; indem dieser durch die weißglühende Kohle emporsteigt, bildet er mit derselben Wassergas. Gleichzeitig öffnet man die Zuleitung i des flüssigen Vergasungsstoffes; dieser verdampft, indem er in den oberen Teil des Generators eintritt, die Dämpfe teilen sich hier dem Wassergas mit und werden mit diesem zusammen durch Rohr b nach dem Ueberhitzer geführt. Das Gemisch der Gase und Dämpfe steigt in dem Ueberhitzer empor und wird durch die hier aufgespeicherte Wärme vollkommen in permanentes Gas umgewandelt, welches vom oberen Teil des Regenerators nach den Reinigungsapparaten geführt wird.

Die Wassergasbildung läßt man jedesmal 15 bis 20 Minuten fortdauern. Nach dieser Betriebsdauer schließt man zunächst sämtliche Ventile. Der Generator wird, nach Abnahme des Deckels der Gicht a, wieder mit Anthracit nachgefüllt, und man kann nach der bereits beschriebenen Weise aufs neue mit dem Warmblasen des Generators beginnen.

Es empfiehlt sich, den Inhalt des Generators nie vollkommen zu Asche zu verbrennen, weil die gebildete Schlacke eine Reinigung des Schachtes, die alle 6 Stunden zu erfolgen hat, außerordentlich erschwert. Man entnimmt besser dem Generator die noch stark kohlehaltigen Rückstände, welche unter dem Dampfkessel vollständig verfeuert werden können.

Die Art der Reinigung des Wassergases und die hierzu dienenden Apparate sind höchst einfacher Natur. Zunächst gelangt das Gas in einen Wascher C, einem viereckigen Kasten, in welchen es unter Tauchung des Zuleitungsrohres eintritt. Um das Gas eine längere Zeit unter Wasser zu belassen, ohne dabei den Druck zu erhöhen, hat man an der Ausmündung des Tauchrohres eine Platte in nach oben geneigter Lage angeschlossen, an deren Unterseite das Gas gezwungen wird, aufwärts zu steigen. Ein Ueberlaufrohr bewirkt eine stets gleichbleibende Höhe des Flüssigkeitsspiegels, der Ueberschuß fließt nach der Rinne S ab.

Vom Deckel des Waschers aus wird das Gas nach einem System von zwei hintereinander geschaltenen Skrubbern D und E eingeleitet, in welchen es von unten nach oben aufsteigt und dabei herabtropfendem Wasser begegnet, welches sich aus Brausen von der Decke der Skrubber in deren Inneres ergießt. Durch quergelagerte Siebe wird dem Gas eine erhöhte Gelegenheit geboten, mit dem Wasser in Berührung zu gelangen. Das im unteren Teil der Skrubber sich ansammelnde Waschwasser wird nach der gemeinsamen Sammelrinne S abgeleitet. — Das Gas verläßt den letzten Skrubber im gebrauchsfähigen Zustande.

Wassergasanlage von Granger. Die Wassergasanlage der Firma Granger & Komp. in Philadelphia unterscheidet sich von dem beschriebenen System Lowes durch die andere Anordnung einiger Teile. Der Generator ist unter den Boden gebaut, er setzt somit eine Unterkellerung voraus. Ein sehr kurzer, schräg aufwärts steigender Gaskanal führt das Generatorgas unmittelbar in den unteren Teil der Ueberhitzers ein. Man hat hierin einen entschiedenen Vorteil gegenüber der Loweschen Konstruktion zu erblicken, da der Wärmeverlust durch die Leitungsröhre ein geringerer ist. Der flüssige Vergasungsstoff wird erst im unteren Teil des Ueberhitzers eingespritzt. Sämtliche Ventile des Grangerschen Systems sind durch Hebelübersetzung

miteinander verbunden, so daß durch denselben Griff die Ventile für den Gebläsewind nach dem Generator und Regenerator, sowie die Gicht des letzteren geschlossen werden, während sich die Ventile für den Dampfeinlaß, den Zulauf des Vergasungsöles und endlich auch eine Klappe für den Austritt des Gases im Wascher schließen.

Die Zusammensetzung des nach dem System Lowe und Granger erhaltenen Wassergases ist, wie man auch voraussetzen kann, im großen und ganzen die gleiche. Es liegen die folgenden Analysen hierüber vor.

	I. Lowe-Gas						II. Granger-Gas	
Analytiker:	Hempel				William	Geyer	Gideon	Moore
	nach 2 Min.	nach 7 Min.	nach 17 Min.	Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt
Kohlensäure	3,8	3,3	3,0	3,4	0,5	0,3	0,1	0,3
Kohlenoxyd	25,7	18,3	18,8	20,9	27,5	28,9	28,2	23,5
Methan	20,8	21,7	23,2	21,9	26,3	25,8	18,8	20,9
Wasserstoff	31,8	28,1	26,5	28,8	24,0	27,0	37,2	35,8
Schwere Kohlenwasserstoffe	13,1	25,1	24,6	20,9	15,1	14,0	12,8	15,4
Sauerstoff	0,6	0,0	0,2	0,3	—	0,4	0,0	0,0
Stickstoff	4,2	3,5	3,7	3,8	3,3	3,8	2,6	3,8

Wassergasanlage von Hanlon & Leadley. Die Genannten bereiten Wassergas in ähnlicher Weise wie bei den zuvor beschriebenen Systemen; es wird jedoch gleichzeitig noch ein anderer Prozeß zu Hilfe gezogen, wodurch ein Gas von besserer Qualität erzielt werden kann. Neben der Zersetzung des Wasserdampfes durch Kohle läßt man nämlich diesen auch in besonderen Abteilungen des Systems auf glühendes Eisen einwirken. Letzteres wird dabei oxydiert und es wird reiner Wasserstoff abgespalten. Indem man nun bei dem nachfolgenden Prozeß des Warmblasens Generatorgase durch das gebildete Eisenoxyd leitet, wird dieses, unter der reduzierenden Wirkung des mit wenig Luft verbrannten Kohlenoxydgases, in metallisches Eisen wieder zurückverwandelt.

Die Einzelheiten der Hanlon-Leadleyschen Wassergasanlage gehen aus den Schnitten und der Ansicht der Zeichnungen Fig. 3, Taf. 20, und Fig. 2 bis 4, Taf. 23, hervor*). Das System besteht aus dem doppelten Generator A A′, den beiden entsprechenden Zersetzern B B′ und dem gemeinsamen Zersetzer (Regenerator) C, an welchen sich als Reinigungsanlage der Wascher D und ein Skrubber E anschließen.

Die Bauart des Generatorpaares ist am besten aus der Durchschnittszeichnung Fig. 3, Taf. 20, zu erkennen. Auf einem Sockel erhebt sich zunächst der für beide Generatoren gemeinsame untere Teil, welcher die beiden verbindet und für sich einen viereckigen Körper darstellt; auf diesen sind die Schächte der Generatoren A und A′ aufgesetzt. Das Ganze ist aus Schamottesteinen aufgeführt und gegen Wärmeausstrahlung mit einer Isolier-

*) Journ. f. Gasbeleucht. 1887.

masse und Blechmantel umkleidet. Die Brennstofffüllung der Generatoren ruht auf den Rosten z, welche unter sich, nach Art eines Aschenfalls, Kanäle frei lassen, in welche von beiden Seiten des Ofens durch Röhren L der Gebläsewind eingeführt wird. Die Regulierung des letzteren kann durch die Ventile i bewirkt werden.

Der Oeleinlauf erfolgt am oberen Ende der Generatoren; er wird vermittelt durch die Röhren y y', welche durch Hebelventile geschlossen werden können. Nach oben endigt der Generator mit einer Gicht, welche durch einen Deckel mit Bügelschraube verschlossen ist. Diese Oeffnung dient jedoch nur zum Reinigen der Apparate, nicht etwa auch zur Einfüllung des Brennstoffs. Für letztere Vornahme sind an den Generatoren Einrichtungen getroffen in Gestalt der trichterförmigen Apparate a a' (Fig. 3, Taf. 23), welche es gestatten, den Brennstoff unter gasdichtem Verschluß in die Generatoren einzuführen, so daß also hierzu der Betrieb nicht unterbrochen zu werden braucht. Diese Einfülltrichter können an ihrer engsten Stelle durch einen Schieber abgeschlossen werden, an ihrem oberen weiten Ende durch einen Deckel mit Schraubenverschluß. Will man also den Brennstoff in einen Generator einführen, so füllt man den Trichter bei geschlossenem Schieber, setzt den Deckel auf und zieht jetzt den Schieber heraus. Hierbei entleert sich der Inhalt des Trichters in den Generator.

Vom Generator führt in $^2/_3$ der Schachthöhe desselben ein ausgefüttertes Rohr in wagerechter Lage nach dem unteren Teil des Wasserzersetzers B (beziehungsweise B'), der sich selbst mit der eingemauerten Rohrleitung H (H') nach dem Regenerator C fortsetzt.

Zersetzer B (B') besteht im wesentlichen aus einem cylindrischen Aufbau aus feuerfestem Thon, der gegen die Wärmeabgabe nach außen geschützt ist, wie der Generator. Im Innern besitzt dieser Apparat 4 Kammern, welche unter sich durch je ein gitterförmiges Gewölbe getrennt sind und gegen außen verschließbare Oeffnungen besitzen. Zweck dieser Kammern ist, das für die Wasserzersetzung dienende Eisen aufzunehmen. Gleichzeitig hat dieser ganze Apparat dazu einen Teil der Wärme aufzuspeichern, welchen die Generatorgase enthalten; er wirkt also in dieser Hinsicht auch als Regenerator. In den unteren Teil des Wasserzersetzers mündet ein Rohr s für den Gebläsewind, welcher durch Ventile zu steuern ist. Gegen oben endet der Apparat mit einer durch Klappen r verschließbaren Gicht. Die Dampfleitung p mit seitlichem Ventil o führt den zur Wassergasbildung dienenden Dampf in die oberste mit Eisen gefüllte Kammer des Zersetzers ein.

Der für den Generator und den Regenerator gemeinsame Kanal H ist mit dem Ueberhitzer C durch ein wagerechtes Rohrstück verbunden, welches durch ein mit Wasser gekühltes Ventil w abgesperrt werden kann. Die Einrichtung dieses Ventils ist aus der Spezialzeichnung Fig. 4, Taf. 23, zu ersehen.

Ueberhitzer C besitzt im wesentlichen dieselbe Einrichtung wie die bisher betrachteten entsprechenden Konstruktionen anderer Systeme. Er unterscheidet sich von diesen jedoch durch eine Dreiteilung des zur Wärmeaufspeicherung dienenden Gitterwerkes, indem sich dieses auf jeweils einem Gewölbe erhebt und dann mit dem nächstfolgenden Gewölbe eine Höhlung frei läßt, aus welcher je ein Gasableitungsrohr v nach dem Wascher D

führt. Diese Einrichtung dient dem Zwecke, das Gas je nach Bedarf durch verschieden hohe Schichten überhitzter Gittersteine hindurchtreten zu lassen. — Der Einlaß für die Gebläseluft in den Ueberhitzer befindet sich bei t.

Für das Verständnis des Betriebs der beschriebenen Wassergasanlage hat man sich zunächst zu vergegenwärtigen, daß sich an die beiden miteinander verbundenen Generatoren A A' je ein Zersetzer B B' anschließt und auf diese erst der gemeinsame Ueberhitzer C folgt, in welchem von jedem der Zersetzer aus eine Leitung führt mit den Ventilen w und w'. Diese Apparate des Systems sind demnach zu einem Ring geschlossen. Man kann daher, wenn z. B. alle Ventile geschlossen sind mit Ausnahme von w', einen Dampf- oder Gasstrom von dem oberen Teil des Zersetzers B aus durch die Generatoren A und A' und von hier aus durch die Leitung H nach dem Ueberhitzer C treiben.

Soll der Generator warmgeblasen werden, so läßt man, während die Zuleitungen für das flüssige Vergasungsmaterial und den Dampf geschlossen, die Klappen r r r und Ventile w w' dagegen geöffnet sind, durch Oeffnen der Ventile i Gebläsewind in den Generator eintreten, welcher den brennenden Inhalt desselben in lebhafte Glut versetzt. Die entstehenden Generatorgase steigen in den beiden Schächten empor und entweichen nun teilweise durch die Zersetzer B B', teilweise durch den Ueberhitzer C hindurch, indem sie aus deren Klappen r r r austreten. Man entzündet die Generatorgase in diesen Apparaten, indem man in die letzteren durch die Leitungen s und t Gebläsewind einführt, die Feuergase geben ihre Wärme an die Gittersteine ab. Gleichzeitig wird in den Zersetzern B B' das in denselben befindliche Eisenoxyd reduziert zu metallischem Eisen. Es geschieht dies lediglich durch die Einwirkung des in dem Generatorgase enthaltenen Kohlenoxyds; zur Erreichung dieses Zweckes ist es daher erforderlich, den Zutritt des Gebläsewindes in die Zersetzer derart zu regeln, daß stets eine bestimmte Menge von Kohlenoxyd übrig bleibt. Nach einiger Zeit der Brenndauer befinden sich alle Apparate auf der erforderlichen Temperatur, es kann mit der Gaserzeugung begonnen werden.

Man schließt daher zunächst sämtliche Ventile und Klappen, mit Ausnahme des einen der beiden Ventile, welche zwischen den Zersetzern und dem Ueberhitzer eingeschaltet sind. Lassen wir beispielsweise w' geöffnet, so nimmt der zu erzeugende Gasstrom seinen Weg vom Zersetzer B aus durch das System hindurch im entgegengesetzten Sinne der Richtung des Uhrzeigers.

Es wird durch die Füllvorrichtung a' eine Ladung Brennstoff in den Generator A' gegeben. Die Erfinder haben bei ihrem System ins Auge gefaßt, als Vergasungsmaterial auch solche Brennstoffe zu wählen, die bereits durch trockene Destillation leuchtendes Gas liefern. Werden solche (bituminöse Kohlen, Gaskohle) in den Generator eingefüllt, so beginnt sofort durch die trockene Destillation ein Strom von Dämpfen und Gasen sich zu entwickeln, welche durch die Leitung H' unter dem Zersetzer B' hindurch unmittelbar in den Ueberhitzer gelangen. Hier vollzieht sich eine Umbildung der teerartigen Dämpfe in permanente Gase.

Bald jedoch wird diese Art der Gasbildung, welche sich in ihrem Wesen von derjenigen der gewöhnlichen Steinkohlengaserzeugung nicht unterscheidet,

nachlassen und es bleibt in dem Generator nur noch glühender Koks übrig. Jetzt erst beginnt man mit dem eigentlichen Wassergasprozeß. Man öffnet das Ventil der Dampfzuleitung p nach dem Zersetzer B. Der Dampf tritt von oben in diesen Apparat ein. Er nimmt die hier aufgespeicherte Wärme auf und gibt, indem er durch das glühende Eisen hindurchtritt, den Sauerstoff an das Eisen ab, Wasserstoff wird frei. Das Gasgemisch, welches noch genügende Mengen Wasserdampf enthält zur Bildung von Kohlenoxyd, gelangt vom Zersetzer B aus von oben in den Generator A; es dringt durch die Füllung der glühenden Kohlen hindurch nach dem Boden des Schachtes, begibt sich hier durch das Verbindungsstück nach dem zweiten Generator A' und steigt durch die Brennstofffüllung desselben wieder empor. Dabei wird die Zersetzung des Wasserdampfes zu Ende geführt, es entsteht nunmehr neben Wasserstoff auch Kohlenoxyd.

Indem man jetzt den Oelzulauf y' nach dem Generator A' öffnet, belädt sich das Wassergas mit Oeldämpfen und führt diese mit sich nach dem Ueberhitzer, woselbst die Dämpfe in permanente Gase übergeführt werden. Je nach Bedarf läßt man dort das Gasgemisch durch 3, 2 oder nur durch 1 Abteilung der erhitzten Gittersteine hindurchtreten. Man öffnet dementsprechend je eine der Ableitungsröhren v mittels der unter Wasserverschluß wirkenden Ventile u.

Nach einiger Zeit der Wassergasbildung, wenn die Temperaturen innerhalb der Apparate sich vermindert haben, wiederholt man die Vornahme des Warmblasens auf die bereits geschilderte Weise, und es kann wieder von neuem mit dem Gasmachen begonnen werden, wenn die Apparate die hierzu erforderlichen Temperaturen erhalten haben. Diesmal läßt man aber den Gasstrom in der entgegengesetzten Richtung durch das Apparatensystem hindurchtreten, wie vorher. Man hält zu dem Ende Ventil w' geschlossen und führt den Dampf in den Zersetzer B' ein. Der Gasstrom bewegt sich von hier aus nach dem Generator A'A und gelangt durch Ventil w hindurch in den Ueberhitzer. Im übrigen verläuft die Gasbildung auf ganz dieselbe Weise, wie zuerst.

Die ganze Leitung des Betriebes ist also auch hier nur bedingt durch die Stellung der Ventile, Schieber und Klappen, deren gegenseitige Beziehungen jeweils dieselben sind. Man hat hier 3 Arten von Ventilstellungen zu unterscheiden.

I. Warmblasen.

Geöffnet:	Geschlossen:
Ventile i, s und t für den Gebläsewind,	Ventile y y' der Oelzuläufe,
Klappen r, r, r,	Ventile der Dampfleitung p.
Ventile w und w'.	

II. Gasmachen, Richtung des Gasstromes: B-A-A'-H'-C.

Geöffnet:	Geschlossen:
Ventil der Dampfleitung p,	Ventile i, s und t,
Ventil y' des Oelzulaufs,	Klappen r, r, r,
Ventil w'.	Ventil w.

Es folgt jetzt wieder eine Betriebsperiode des Warmblasens, wobei dieselbe Schieberstellung I innegehalten wird; darauf ist jedoch den Ventilen eine neue Stellung zu geben:

III. Gasmachen, Richtung des Gasstromes: B'-A'-A-H'-C.

Geöffnet:	Geschlossen:
Ventil der Dampfleitung p',	Ventile i, s und t,
Ventil y des Oelzulaufs,	Klappen r, r, r,
Ventil w.	Ventil w'.

Ueber die Reinigungsapparate ist nicht mehr viel hinzuzufügen. Das Gas gelangt aus einer der drei Tauchröhren, je nach der Ventilstellung, in den Wascher D, welcher die größte Aehnlichkeit besitzt mit dem entsprechenden Apparat der Loweschen Anlage (S. 255).

Von der Decke des Waschers steigt das Gas durch ein kurzes Rohrstück unmittelbar in einen Skrubber empor, an welchen sich noch ein zweiter Skrubber anschließen mag. Der Skrubber ist durch eingelegte Horden in vier Etagen geteilt. Auf jeder Horde befindet sich Koks in einer bestimmten Höhe aufgeschichtet; derselbe dient als Berieselungsfläche für das Wasser, welches aus einer durch die Decke des Skrubbers geführten Brause herabfließt.

Wir haben aus der Betriebsweise der Wassergasbereitung nach Hanlon-Leadley ersehen können, daß hier die hauptsächlichsten Gasbereitungsverfahren, welche wir bisher haben kennen lernen, vereinigt sind. Es wird Gas bereitet durch trockene Destillation von Gaskohle, es wird Wassergas und Oelgas gebildet. Selbstverständlich kann man auch auf die trockene Destillation verzichten und im Generator nur Anthracit oder Koks vergasen, da man es ja durch die Regulierung des Oelzulaufes in der Hand hat, das Leuchtgas beliebig aufzubessern.

Durch die Wasserzersetzung mittels Eisen soll erreicht werden, und darin gipfelt sich der Hauptzweck des beschriebenen Wassergas-Prozesses, daß ein Gas von geringerem Kohlenoxydgehalt erzielt werde. Ein Teil des Wasserstoffes rührt auch thatsächlich nur von der Zersetzung des Wassers mit Eisen her, allein das gesamte Ergebnis lehrt, daß der Kohlenoxydgehalt kein geringerer ist, als derjenige des nach anderen Verfahren erhaltenen Wassergases, er ist im Gegenteil noch etwas höher.

Nach einer Analyse Hempels enthielt nach dem Hanlon-Leadley-Prozeß erhaltenes Wassergas in 100 Raumteilen:

Kohlensäure	2,6	Prozent.
Schwere Kohlenwasserstoffe	6,3	"
Kohlenoxyd	31,3	"
Methan	11,6	"
Wasserstoff	42,8	"
Stickstoff	5,4	"

Wassergasanlage der New-York Gas-Komp. Bei den bisher betrachteten Systemen amerikanischer Wassergasanlagen wurde die Karburation stets bewirkt innerhalb der eigentlichen, zum System gehörigen Apparate selbst. Es gibt nun auch solche Einrichtungen, bei welchen zwischen Wassergasprozeß und Oelgasbildung, als welche die Karburation anzusehen, eine Trennung vorgenommen ist: Wassergas wird für sich erzeugt, Oelgas für sich in besonderen Retorten. Entweder läßt man beide Bestandteile von

besonderen Sammelbehältern aus sich mischen, oder man leitet das Wassergas durch die Oelgasretorten hindurch, woselbst es karburiert wird.

Eine im großartigen Maßstab angelegte Gasanstalt letzterer Art, nach dem System von Tessié du Motay, wird von der New-York Gas-Komp. betrieben. Man stellt daselbst in einem doppelten Generator auf gewöhnliche Weise Wassergas her; als Brennstoff dient Anthracit. Die beim Warmblasen auftretenden Generatorgase läßt man unbenutzt entweichen, sie verbrennen, indem sie aus den Einfüllöffnungen der Generatoren hervorschlagen, mit blauer Flamme.

Beim Gasmachen bedient man sich überhitzten Dampfes. Man führt zu dem Ende den Dampf durch Röhren hindurch, welche zwischen den beiden Schächten des Doppel-Generators liegen und unter den Rosten des letzteren ausmünden.

Das Wassergas gelangt, nachdem es einen Wasserkasten zur Erreichung eines hydraulischen Abschlusses passiert hat, unmittelbar in den Gasbehälter. Dieser hat den Zweck, den periodischen Betrieb der Wassergasbildung überzuleiten in den nun folgenden kontinuierlichen Betrieb der Karburierung, Reinigung, Messung des Gases u. s. w. Vom Gasbehälter aus wird das Gas durch Reinigungskästen hindurchgeführt, welche mit gebranntem Kalk gefüllt sind.

Das von Kohlensäure gereinigte Wassergas tritt jetzt in einen Karburierungsapparat ein, um sich mit Dämpfen flüssiger Kohlenwasserstoffe (Naphtha) zu beladen. Die Konstruktion dieses Apparates ist eine höchst einfache. Auf einem Sockel aus Bausteinen erhebt sich ein viereckiger Kasten aus Kesselblech; in welchen das Gas von unten eintritt und am oberen Ende abgeleitet wird. Sein innerer Raum ist durch etageartig übereinander angeordnete Platten in einzelne Fächer geteilt, durch welche das Gas der Reihe nach seinen Weg nehmen muß. Es sind dazu abwechselnd immer an der entgegengesetzten Seite der Platten Oeffnungen für den Durchgang des Gases frei gelassen, so daß dieses, in dem Karburator aufsteigend, beständig hin und her geführt wird. In einer dem Gasstrom entgegengesetzten Richtung bewegt sich der flüssige Vergasungsstoff, indem er durch eine Zuleitung auf die oberste Platte sich ergießt, in dem Karburator nach unten fließt. Er verbreitet sich dabei auf jeder der Platten, wodurch eine große Oberfläche für die Verdunstung geboten wird. Das Gas belädt sich mit den Dämpfen des Gasöles bis zur Sättigung und führt dieselben nun durch das Ableitungsrohr am oberen Ende des Karburators, indem es in einem doppelten Knierohr wieder abwärts steigt, in einen Apparat zur Fixierung des Gases, d. h. zur Ueberführung der Dämpfe in permanente Gase.

Dieser Apparat besteht aus einem Retortenofen, in welchen eine Anzahl Schamotteretorten eingelegt sind. Die letzteren durchsetzen den ganzen Ofen, an den hervorschauenden Enden tragen sie Kopfstücke, an welchen die Einrichtungen für die Weiterführung des Gasstromes angebracht sind. Das Gemisch von Wassergas und Kohlenwasserstoffdämpfen gelangt von der einen Seite des Oefens in die Retorte, es wird in deren Kopfstück eingeführt. An dem entgegengesetzten Ende wird es durch eine Aufsteigröhre in eine Vorlage geführt, welche letztere auf dem Retortenofen aufgestellt ist und neben der Abscheidung nicht vergaster Produkte einen hydraulischen Verschluß der Aufsteigröhre zu bewirken hat.

Die nun folgenden Reinigungsapparate unterscheiden sich in nichts v
den entsprechenden Einrichtungen anderer Systeme.

Die Analyse des nach dem Prozeß Tessié du Motay erhalten
Wassergases zeigt die folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure	3,1	Prozent.
Schwere Kohlenwasserstoffe	15,6	"
Kohlenoxyd	25,2	"
Methan	26,6	"
Wasserstoff	28,3	"
Stickstoff	1,2	"

2. Die Verteilung des Gases.

Nachdem bis hierher im technischen Teil dieses Werkes sämtliche Apparate, welche zur Erzeugung des Gases dienen, der Behandlung unterzogen worden sind, erübrigt zunächst diejenigen Vorkehrungen zu betrachten, mittels welcher das Gas vom Punkte seiner Herstellung aus nach den Verbrauchsstellen verteilt wird; es betrifft dies die Röhren bezw. Rohrleitungen, ferner die zu deren Ein- und Ausschaltung dienenden Schieber, Ventile und Hähne, und endlich rechnen wir noch die Meßapparate hierher, welche die Menge des dem Konsumenten abgegebenen Gases bestimmen. Diese Teile der Gasanlage, welche zwischen den Fabrikationsapparaten und den Organen zum Verbrauch des Gases liegen, sollen in den nachfolgenden Kapiteln behandelt werden.

---

a) Röhren und Rohrleitungen.

Bewegung des Gases in den Leitungsröhren.

Zu seiner Fortbewegung in den Leitungsröhren bedarf das Gas eines gewissen anfänglichen Druckes, der sich mit der Entfernung vermindert infolge der Reibung, welche das Gas an den Rohrwänden erleidet. Der Druckverlust steht im genauen Verhältnis der Länge eines Rohres bei gleichbleibender Weite des letzteren; er ist an sich nur gering, und würde zur Bewegung des Gases daher ein anfänglich nur geringer Ueberdruck erforderlich sein, wenn man für die ganze Leitung Röhren von weitem, sich gleichbleibenden Querschnitt anwenden würde. Nun gibt man aber aus ökonomischen Gründen den Zweigröhren, da sie weniger Gas zu transportieren haben, entsprechend geringere Querschnitte und erhöht dafür, da sich die Reibungswiderstände in den engeren Röhren vermehren, den anfänglichen Druck. Es

ist nun die Aufgabe, die Rohrdimensionen derart zu wählen, daß an allen Endpunkten bezw. Verbrauchsstellen des Systems ein bestimmter, gleicher Druck herrscht. Das Gas verläßt beispielsweise den Gasometer unter einem Druck von 60 mm; der Regulator vermindere denselben auf 25 mm, mit welchem es in die Rohrleitung des Straßennetzes eintritt; eine richtig konstruierte Leitung muß nun solche Dimensionen ihrer einzelnen Abzweigungen besitzen, daß der Druck des Gases durch die Reibungswiderstände an den Endstellen auf beispielsweise 20 mm reduziert ist, so daß das Gas an allen Oeffnungsstellen unter diesem Drucke ausströmt.

Berechnung der Rohrdimensionen.

Zur Berechnung der Größenverhältnisse, welche den einzelnen Abschnitten der Rohrleitung zu geben sind, gehen wir von den Druckverlusten aus, welche das Gas beim Durchgang durch Röhren erleidet.

Bezeichnet man mit

h den Druckverlust des Gases in Millimetern an irgend einer Stelle der Leitung,
l die Länge der Leitung in Metern,
Q die Gasmenge in Kubikmetern, welche in der Stunde durch die Leitung hindurchgeht,
d den Rohrdurchmesser,

so ist der Druckverlust $h = l \frac{Q^2}{d^5}$; d. h. in Worten:

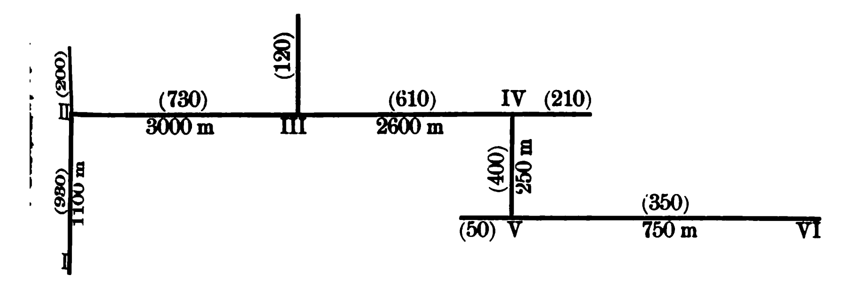
der Druckverlust, welchen das Gas beim Durchgang durch eine Leitung erfährt, wächst mit der Länge der Rohrleitung und der durchgehenden Gasmenge, und zwar steht er zu der ersteren im einfachen, zur letzteren im quadratischen Verhältnis; der Druckverlust vermindert sich hingegen mit dem Querschnitt des Gasleitungsrohres im Verhältnis der 5. Potenz seines Durchmessers.

Auf Grund der obigen Formel hat der französische Gastechniker Monnier graphische Tafeln aufgestellt, aus welchen ohne weiteres die Druckverluste innerhalb einer Rohrleitung von bestimmten Dimensionen zu ersehen sind und umgekehrt die letzteren sich wählen lassen, um zu bestimmten Druckverlusten zu gelangen. Zwei solcher Tabellen, aus Schillings „Handbuch für Gasbeleuchtung“ entnommen, sind auf die Beiblätter I und II am Schluß dieses Werkes aufgetragen. Die Druckverluste beziehen sich auf Röhren von je 1 km Länge ($l = 1000$) des Rohres. Auf der Abscisse des Koordinatensystems sind die stündlichen Ausflußmengen des Gases von 0 bis 100, beziehungsweise von 0 bis 1000 cbm verzeichnet. Die Ordinate hingegen ist eingeteilt in Abstände, welche Millimetern Druckhöhe, beziehungsweise Druckverlust entsprechen. Der Rohrdurchmesser ist durch die Koordinate gegeben.

Bei der Anlage einer Rohrstrecke ist als bekannt vorauszusetzen deren Länge und die Gasmenge, welche durch das Rohr in der Stunde hindurchgeht, entsprechend dem Konsum. Der letztere ergibt sich seinerseits wieder

aus dem an den Verbrauchsstellen vorhandenen Beleuchtungs-, Heizkörper rc., deren Konsum je nach der betreffenden Konstruktion verschieden, aber für jeden Apparat bekannt ist.

An dem nachfolgenden Schema soll ein derartiges Beispiel rechnerisch durchgeführt werden.



Das gezeichnete Rohrnetz diene dazu, ein Beleuchtungsgebiet mit stündlich 930 cbm Gas zu versorgen. Diese Menge tritt mit ihrem ganzen Betrag in die Rohrstrecke I—II ein, um sich von hier aus weiter zu verteilen. Die Rohrstrecken, deren Dimensionen wir berechnen wollen, sind mit römischen Zahlen bezeichnet, ihre Länge in Metern sowie die Menge des durch jede Strecke hindurchgehenden Gases in Kubikmetern (eingeklammert) hinzugeschrieben. Durch Abzweigung werden dem Rohrstrange I—VI nacheinander Gasmengen entzogen, deren gesamte Summe den Gasverbrauch darstellen.

Gesetzt, das Leuchtgas gelange in das Rohr I—II mit einem Druck von 50 mm; es darf den letzteren auf seinem Weg nach den Verbrauchsstellen verlieren bis auf einen Betrag von 6 mm, welcher erforderlich ist, um das Gas als Flamme lebhaft ausströmen zu lassen. Somit ist ein gesamter Druckverlust von 50 — 6 = 44 mm innerhalb der ganzen Leitung zulässig. Die Länge der letzteren beträgt nun

I—II	=	1100 m
II—III	=	3000 „
III—IV	=	2600 „
IV—V	=	250 „
V—VI	=	750 „
		7700 m.

Für das erste Stück der Leitung (I—II) ist somit ein Druckverlust in runder Zahl von $\frac{44 \cdot 1100}{7700} = 6$ mm gestattet; beziehen wir diesen Druckverlust als in einem Rohr von 1000 m Länge vor sich gehend, so beträgt derselbe $\frac{6 \cdot 1000}{1100} = 5$ mm. Unter Zuhilfenahme der Monnierschen Tafel 2 findet sich dann, daß hierfür ein Rohr von einem Querschnitt zu wählen ist, welcher zwischen 450 und 400 mm liegt. Man entschließt sich aus naheliegenden Gründen gerne zu dem weiteren Querschnitt.

In das zweite Rohrstück (II—III) gelangen nur noch 730 cbm Gas; diese befinden sich jetzt unter einem Druck von noch 50 — 6 = 44 mm,

und darf es hiervon bis zum Ende der Leitung 44 — 6 = 38 mm verlieren. Die ganze Endstrecke (II—VI) ist 6600 m lang, somit ist für die Strecke II—III ein Druckverlust von $\frac{38 \cdot 3000}{6600}$ = **17 mm** gestattet; auf ein Rohr von 1000 m Länge berechnet sich derselbe zu $\frac{17 \cdot 1000}{3000} = 6$ mm. Die Tabelle gibt nun zu erkennen, daß für die Strecke II—III ein Rohr von 375 mm Weite zu wählen ist.

In der Rohrstrecke III—IV besitzt das Gas noch einen Druck von 50 — (6 + 17) = 27 mm, es darf noch 27 — 6 = 21 mm Druck verlieren, oder auf die Strecke III—IV $\frac{21 \cdot 2600}{3600}$ = **15 mm**, entsprechend $\frac{15 \cdot 1000}{2600}$ = 6 mm auf 1000 m Rohrlänge. Diesem zulässigen Druckverlust und der das Rohr durchfließenden Gasmenge von 610 cbm in der Stunde entspricht nach der Tabelle 2 ein Rohr von 350 mm Weite.

Die Strecke (IV—V) durchfließen noch 400 cbm Gas unter einem Druck von 50 — (6 + 17 + 15) = 12 mm, hiervon dürfen bis zum Ende der Leitung noch 12 — 6 = 6 mm verloren gegeben werden. Die ganze Strecke mißt 1000 m, für (IV—V) ist somit ein Druckverlust von $\frac{6 \cdot 250}{1000}$ = **2 mm** zulässig; für ein Rohr von 1000 m ist bei 400 cbm Gasdurchlaß und dem berechneten Druck ein Querschnitt von 375 mm zu geben.

Die letzte Strecke (V—VI) von 750 m Länge empfängt noch 350 cbm Gas unter einem Druck von 50 — (6 + 17 + 15 + 2) = 10 mm, davon dürfen noch **4 mm** innerhalb dieser Rohrstrecke durch die Leitungswiderstände verloren gehen, oder für ein 1000 m langes Rohr $\frac{4 \cdot 1000}{750}$ = 5 mm. Man wählt einen Rohrquerschnitt von 275 mm.

In ähnlicher Weise wird ein jedes Rohrsystem berechnet, Teile des Straßenrohrnetzes jedoch so, wie die Privatleitungen. Bei diesen hat man zunächst die Flammenzahl, beziehungsweise die Menge des Gases festzusetzen, welche stündlich der Straßenleitung entnommen werden soll. In zweiter Linie ist die Länge der Leitung auszumessen; und drittens der Druck zu bestimmen, unter welchem das Gas in die anzuschließende Leitung eintritt. Zur Bestimmung des Druckes kann man sich des einfachen Schieleschen Druckmessers bedienen, welchen wir auf S. 204 kennen gelernt haben. Oder aber man bestimmt ihn mittels des sog. Taschengasmessers (S. 206), welcher die Geschwindigkeit des Gasstromes zur Anschauung bringt, aus welcher unmittelbar auf den Druck geschlossen werden kann.

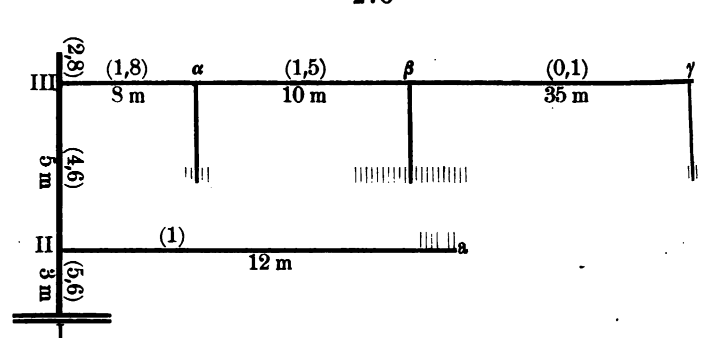
Die Monnierschen Tafeln, deren Handhabung oben erklärt wurde, beziehen sich nur auf Rohrweiten für gußeiserne Gasleitungsröhren; in gleicher Weise könnte man die Dimensionen für die engeren Röhren (mit unter 50 mm Rohrweite), namentlich der Privatleitungen, nach den Werten der Formel $h = l \frac{Q^2}{d^5}$ in ein Koordinatensystem graphisch eintragen. In der folgenden Tabelle sind diese Werte zahlengemäß zusammengestellt für einen stündlichen *Gasverbrauch* von 0,1 bis 20 cbm. Die Druckverluste beziehen sich auf

am Kopfe derselben Kolonnen in Millimetern ausgedrückten Querschnitte
: Röhren, die Länge der letzterer zu 1 m angenommen.

Rohrweiten für Privatleitungen.

Stündliche Gasmenge in cbm	Druckverluste in mm für 1 m Rohrlänge bei mm Rohrdurchmesser von:								
	6	10	12	16	20	25	32	40	50
0,1	0,13	0,01	—	—	—	—	—	—	—
0,2	0,51	0,05	0,016	—	—	—	—	—	—
0,3	1,15	0,12	0,029	0,008	—	—	—	—	—
0,5	—	0,32	0,082	0,024	0,010	—	—	—	—
0,7	—	0,63	0,16	0,047	0,019	0,005	—	—	—
1,0	—	—	0,41	0,095	0,040	0,009	—	—	—
1,5	—	—	0,72	0,21	0,09	0,021	0,007	—	—
2,0	—	—	—	0,38	0,16	0,037	0,012	0,005	—
3,0	—	—	—	0,86	0,36	0,083	0,027	0,011	—
4,0	—	—	—	—	0,64	0,15	0,048	0,020	—
5,0	—	—	—	—	—	0,23	0,075	0,031	0,007
6,0	—	—	—	—	—	0,33	0,11	0,045	0,011
7,0	—	—	—	—	—	0,45	0,15	0,061	0,014
8,0	—	—	—	—	—	—	0,19	0,080	0,019
9,0	—	—	—	—	—	—	0,24	0,102	0,024
10,0	—	—	—	—	—	—	0,30	0,13	0,029
12,0	—	—	—	—	—	—	0,43	0,18	0,042
15,0	—	—	—	—	—	—	0,67	0,31	0,065
20,0	—	—	—	—	—	—	—	0,50	0,116

Auch an der Hand dieser Tabelle soll ein Rechenbeispiel praktisch durch-
ührt werden. Gesetzt, es handle sich darum, aus einem Rohrstrang I der
uptleitung eine Privatleitung abzuzweigen, um ein Haus mit Gas zu ver-
gen. Das Verbrauchsgebiet ist, soweit es sich auf das Parterre des
uses bezieht, auf umstehendem Schema angedeutet. Es soll hier angelegt
rden: eine Heizeinrichtung II—a mit einem stündlichen Gasverbrauch von
cbm; des weiteren eine Beleuchtungsanlage III α, β, γ zur Speisung von
Kronleuchtern und Lampen mit 4, 20 und 2 Flammen. Der stünd-
he Verbrauch dieser Flammen zu 70 l gerechnet, ergibt eine Gasmenge
n $(4 + 20 + 2) 70 = 1820$ l oder 1,8 cbm für die ganze Beleuchtungs-
lage dieser Wohnräume. In den übrigen Stockwerken mögen noch 30 Flam-
n angebracht werden, mit einem stündlichen Gasverbauch von $30 \cdot 70 =$
00 l oder 2,8 cbm. Somit ist im Ganzen aus der Hauptleitung eine
smenge von $1 + 1{,}8 + 2{,}8 = 5{,}6$ cbm in der Stunde zu entnehmen.
e Verteilung des Gases nach Kubikmetern ist auf den einzelnen Strecken
s Rohrsystems (in Klammern gesetzt) eingezeichnet. Der Druck, unter
lchem das Gas das Hauptrohr an der Stelle der Entnahme durchfließt,
rage 23 mm Wasserhöhe; soll das Gas demnach wieder mit 6 mm Druck
s den Brennern ausströmen, so dürfen in dem gesamten Rohrsystem 17 mm
uck verloren gehen.



Die Länge der einzelnen Rohrstrecken nebst den dieselben durchfließenden Gasmengen ergeben die folgende Uebersicht:

I—II	Länge	= 3 m;	Gasdurchgang	in	der	Stunde	5,6 cbm
II—a	"	= 12 ";	"	"	"	"	1 "
II—III	"	= 5 ";	"	"	"	"	4,6 "
III—α	"	= 8 ";	"	"	"	"	1,8 "
α—β	"	= 10 ";	"	"	"	"	1,5 "
β—γ	"	= 35 ";	"	"	"	"	0,1 "

Bei der Bestimmung der Röhrendimensionen kann man auch so verfahren, daß man erst den Leitungsstrang I—II—a ins Auge faßt, die Werte für denselben, insbesondere den stattfindenden Druckverlust, bestimmt und hierauf in gleicher Weise mit der Rohrstrecke II—III—α—β—γ verfährt.

Der Druck in der 15 m langen Leitung I—II—a darf abnehmen von 23 auf 6 mm, somit um 17 mm. Auf das Rohr I—II, welches 3 m lang ist, entfallen $\frac{17 \cdot 3}{15} = 3{,}4$ mm, auf jeden Meter Länge dieses Rohres $\frac{3{,}4}{3} = 1{,}1$ mm. Das Rohr durchfließen stündlich 5,6 cbm Gas. Nach den Angaben der Tabelle kann man sich zu einem Rohr von 25 mm Weite entscheiden, das für die zwischen 5 und 6 cbm stehende, pro Stunde hindurchfließende Gasmenge einen Druckverlust von 0,23 bis 0,33 mm bietet.

Der thatsächliche Druckverlust beträgt dann, wenn man die Gasmenge zu $5^1/_2$ cbm annimmt, auf 1 m der Rohrleitung $\frac{0{,}23 + 0{,}33}{2}$, d. h. er liegt in der Mitte der beiden Werte und ist 0,28, in der Rohrstrecke I—II somit $3 \cdot 0{,}28 = 0{,}84$.

Im Rohr II—a ist ein weiterer Druckverlust von $17 - 0{,}84 = 16{,}16$ mm zulässig, für 1 m in der 12 m langen Leitung daher $\frac{16{,}2}{12} = 1{,}4$ mm. Nach der Tabelle kann hierfür ein 12 mm weites Rohr gewählt werden.

In die Rohrstrecke II—III—γ gelangt das Gas mit einem Druck von $23 - 0{,}16 = 22{,}84$ mm, und da hiervon bis zum Ende der 58 m langen Leitung $22{,}2 - 6 = 16{,}2$ mm Druck verloren gehen darf, so entfällt hiervon auf jeden Meter der Leitung $\frac{16{,}2}{58} = 0{,}3$ m zulässiger Druckverlust.

Für das Rohr II—III ist, da durch dasselbe 4,6 cbm Gas hindurchgehen, eine Weite von 25 mm zu wählen. Der Druckverlust in demselben beträgt, da er sich pro 1 m der Leitung auf annähernd $\frac{0,15 + 0,23}{2} = 0,17$ beläuft, **0,85 mm.**

1,8 cbm des Gases begeben sich unter einem Druck von 23 — (0,84 + 0,85) = 21,3 mm in die Rohrleitung III—α—β—γ. Es soll in derselben nach und nach 21,3 — 6 = 15,3 mm Druck verlieren, auf 1 m der 53 m langen Leitung somit $\frac{15,3}{53} = 0,3$ mm. Die Rohrstrecke III—α befördert 1,8 cbm Gas, dem entspricht auf der Tabelle am besten eine Rohrweite von 16 mm. Der wahre Druckverlust liegt etwa in der Mitte von 0,21 und 0,38 mm, er beträgt pro Meter 0,3 mm; für die ganze Strecke somit 8 · 0,3 = **2,4 mm.**

Strecke III, α—β befördert 1,5 cbm Gas unter einem Druck von 23 — (0,84 + 0,85 + 2,4) = 18,9 mm, somit dürfen noch 18,9 — 6 = 12,9 mm Druck bis zum Ende der Leitung verloren gehen, oder auf 1 m der 45 m langen Leitung = $\frac{12,9}{45} = 0,3$ mm. Man wählt hierfür eine Rohrweite von 16 mm, welche einen thatsächlichen Druckverlust von 0,21 · 10 = **2,1 mm** ergibt.

Es verbleiben noch 23 — (0,84 + 0,85 + 2,4 + 2,1) = 16,8 mm Druck, wovon in dem letzten Stück III, β—γ der Leitung 16,8 — 6 = 10,8 durch Reibungswiderstände aufgehoben werden sollen. Für 1 m der Leitung ist der Druckverlust von $\frac{10,8}{35} = 0,3$ mm gestattet; es ist daher für die Bewegung der restlichen 0,1 cbm Gas ein Rohr von höchstens 6 mm Weite zu wählen, welches den Druck auf 1 m seiner Länge um 0,13 mm vermindert, bis zum Ende der Leitung aber um 35 · 0,13 = **4,6 mm**; es verbleibt somit noch ein Druck in der Leitung von 10,8 — 4,6 = 6,2 mm.

Uebersichtlich zusammengestellt führte unsere Rechnung zu den folgenden Rohrdimensionen; für Strecke I—II: 25 mm; II—a: 12 mm; II—III: 25 mm; III—α: 16 mm; α—β: 16 mm; β—γ: 6 mm.

Man wählt, wo die bekannten und gesuchten Wertzahlen nicht unmittelbar zusammenfallen (wie im Rechenbeispiel für die Strecke II—a), das den Werten naheliegende weitere Rohr. Damit hat man vorgesorgt, später notwendige Anschlüsse an die bereits bestehende Rohrleitung ausführen zu können, ohne etwa erst an eine Neubeschaffung der letzteren denken zu müssen, welche den erhöhten Anforderungen Rechnung zu tragen im stande ist.

Genau genommen ist für aufwärtssteigende Leitungen eine Druckerhöhung des Gases in Rechnung zu bringen, wenigstens dürfen keine Verluste des Gasdruckes angenommen werden. In den meisten Fällen wird man jedoch diesen Faktor unberücksichtigt lassen, wenn es sich, wie in Häusern, um verhältnismäßig geringe Rohrlängen handelt.

Nachfolgende Tabelle zur Bestimmung der für eine Beleuchtungsanlage im Hause erforderlichen Rohrdimensionen empfiehlt sich ihrer Einfachheit

wegen für den praktischen Gebrauch des Installateurs. Sie beruht mehr auf den aus der Erfahrung hervorgegangenen Zahlen, als auf genauer rechnerischer Bestimmung. An Stelle des Gasverbrauchs tritt hier die Anzahl der Flammen auf; diese nebst der Länge des Zuleitungsrohres geben auf der ersten Kolonne den zu wählenden Röhrendurchmesser an.

Röhrendimensionen.

Durchmesser in mm	Flammenzahl bei einer Länge der Leitung von						
	3 m	5 m	10 m	15 m	20 m	30 m	50 m
10	4	3	2	1	—	—	—
13	10	8	5	3	2	1	—
20	30	25	13	9	6	4	2
25	60	40	25	20	15	10	5
32	100	70	40	35	25	15	10
40	150	100	60	50	40	25	15
50	350	250	150	120	100	80	40

Das Rohrmaterial.

Was das Material betrifft, aus welchem die Gasleitungen hergestellt werden, so hat man es hauptsächlich zu thun mit Röhren aus Gußeisen, Schmiedeeisen (Mannesmannröhren), früher vielfach, jetzt wohl selten auch Blei. Die genannten Rohrmaterialien werden nicht überall beliebig angebracht; Gußröhren werden vorwiegend zu Straßenleitungen verwendet, Schmiederöhren und Bleiröhren zu Hausleitungen. Bei der nachfolgenden Beschreibung der Röhrenmaterialien sollen die für die Wahl der einen oder anderen Rohrsorte maßgebenden Umstände noch näher beleuchtet werden.

Röhren aus Gußeisen besitzen allen übrigen gegenüber den Vorzug größter Billigkeit. Sie können jedoch nur da in Frage kommen, wo man sie mit Nutzen in genügender Stärke ausführen kann, damit sie der verhältnismäßig geringen Bruchfestigkeit des Materiales Stand halten. Aus diesem Grunde werden nur die weiten Gasleitungsröhren des Straßennetzes aus Eisenguß hergestellt, und zwar bis herab zum geringsten Durchmesser von 50 bis 40 mm lichter Weite.

Die Industrie des Röhrengusses hat sich äußerst vervollkommnet, und es soll nicht verfehlt werden, das Wissenswerteste über die Fabrikation hier anzugeben. Der Guß erfolgt mit Vorliebe in stehenden Formen, anstatt der früher allgemein üblichen liegenden. Dadurch soll das Material bedeutend an Dichtheit und Festigkeit gewinnen; auch erreicht man so gleichmäßige Wandstärken, was beim Gießen in liegenden Formen bei einigermaßen langen Röhren nicht der Fall ist, indem der aus Strohseilen und Lehm hergestellte Dorn der Gußform durch das flüssige Metall einen Auftrieb erfährt und in seiner Mitte in die Höhe gebogen wird.

Man stellt an gegossene Röhren die Anforderung, daß sie nicht zu hart und spröde seien, so daß die weitere Bearbeitung des Rohres, namentlich das Einbohren von Löchern und das Einschneiden von Gewinden nicht erschwert werde. Das fertige Rohr soll nicht gekrümmt, die Wandstärke überall

die nämliche sein. Man achtet auch darauf, daß die Gußnähte sorgfältig entfernt sind.

Die Gestalt gußeiserner Rohrstücke geht aus den Zeichnungen Fig. 1 bis 3, Taf. 24, hervor. Jedes Rohr besitzt an dem einen Ende eine Muffe, während das andere Ende entweder gerade ausläuft oder einen Wulst trägt. Bezüglich der Form und Größenverhältnisse der gußeisernen Gasleitungsröhren herrschte noch bis Mitte der 70er Jahre große Willkür, dieselben waren im allgemeinen dem Bemessen jedes einzelnen Gießereiwerkes anheimgegeben. Selbstverständlich führte dies zu vielen Unzuträglichkeiten in der Gastechnik, und so entschloß sich denn im Jahre 1874 der Verein von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands zur Annahme der von Salbach vorgeschlagenen Normalprofile, gleich wie dieselbe Vereinigung früher die Einführung einheitlicher Retortenformen (S. 147) durchgesetzt hatte. Der Beschluß wurde dadurch in die Praxis übersetzt, daß man den Mitgliedern des Vereins alsbald das Namensverzeichnis derjenigen Röhrengießereien zustellte, welche auf den Vorschlag der Herstellung einheitlicher Muffenröhren eingegangen waren.

Normalprofile der Muffenröhren.

Durchmesser des Rohres in mm	Wandstärke in mm	Gewicht von 1 m Rohr in kg (ausschl. Muffe)	Gewicht der Muffe in kg	Gewicht des Rohres mit Muffe pro 1 m Baulänge	
				genau	abgerundet
40	8	8,75	2	9,75	10
50	8	10,58	2,6	11,88	12
60	8,5	13,26	3,15	14,83	15
70	8,5	15,20	3,7	17,05	17
80	9	18,25	4,32	19,70	20
90	9	20,13	5	21,83	22
100	9	22,32	5,80	24,25	24,5
125	9,5	28,94	7,34	31,38	32
150	10	36,45	8,90	39,06	39
175	10,5	44,38	10,61	47,90	48
200	11	52,91	12,33	57,00	57
225	11,5	61,96	14,32	66,73	67
250	12	71,61	16,32	77,09	77
275	12,5	82,30	19,12	88,67	89
300	13	93,00	21,93	100,00	100
325	13,5	102,87	24,91	111,17	111
350	14	112,75	27,90	122,06	122
375	14	124,04	30,00	134,04	134
400	14,5	136,85	34,09	147,21	148
425	14,5	145,16	37,27	157,58	158
450	15	162,00	40,45	175,53	176
475	15,5	174,84	44,09	189,54	190
500	16	187,68	47,74	204,13	204
550	16,5	214,97	55,33	233,43	234

Durchmesser des Rohres in mm	Wandstärke in mm	Gewicht von 1 m Rohr in kg (ausschl. Muffe)	Gewicht der Muffe in kg	Gewicht des Rohres mit Muffe pro 1 m Baulänge	
				genau	abgerundet
600	17	243,28	63,52	264,46	265
650	18	276,60	73,47	301,08	301
700	19	311,27	84,63	339,45	340
750	20	347,96	94,40	379,44	380
800	21	387,10	104,64	421,98	422
900	22,5	472,81	135,94	518,15	518
1000	24	560,00	168,47	616,21	616

Durch eine spätere, im Jahre 1882 thätige Kommission zur Prüfung der Röhrennormalien wurden einige wichtige Ergänzungen, namentlich in Bezug auf die Gestaltung der Muffen, angeordnet; ferner wurden auch Bogen- und Abzweigungsstücke in den Bereich der Normalien hereingezogen. Diese nachträglichen Festsetzungen sollen, wenigstens sofern sie sich auf die gestreckten Röhren beziehen, in Kürze hier wiedergegeben werden.

Die Normalmuffen besitzen völlig cylindrische Wandungen. Der Centrierring (Wulst) befindet sich im Innern der Muffe selbst und nicht am Schwanzende des Rohres, wie früher üblich. Die Länge der Muffe wird durch den Ausdruck 1,5 δ gegeben, wobei δ die normale Rohrwandstärke bezeichnet. Ferner hat die innere Form der Muffe eine Aenderung dadurch erfahren, daß für das einzuschiebende Rohr eine Auffitzfläche geschaffen worden ist, deren Stärke gleich $^1/_2$ δ ist. Die Wandstärke der Muffe hat eine Verstärkung erfahren, sie ist auf 1,4 δ festgesetzt worden. Der am offenen Ende der Muffe befindliche Wulst, dessen Wandstärke 7 + 2 δ gemacht werden soll, erhält eine Länge, welche der Wandstärke des Wulstes gleich ist; er besitzt demnach einen quadratischen Querschnitt. Der Anschluß der Muffe an den Rohrschacht erfolgt durch allmählichen Uebergang in der Weise, daß in einer Entfernung hinter der Muffensohle, welche um 35 mm geringer ist, als die Muffentiefe, die normale Wandstärke des Rohres beginnt.

Es ist noch zu bemerken, daß die Röhren von den angegebenen Dimensionen einen Druck von 10 Atmosphären im Betriebe der Wasserleitungen ꝛc. oder einen Probedruck von 20 Atmosphären auszuhalten berechnet sind.

Verbindung gußeiserner Röhren. Sollen zwei wie oben beschriebene Rohrstücke miteinander verbunden werden, so wird das gerade auslaufende Ende (Schwanzende) des einen Rohres in die Muffe des anderen gesteckt, so daß beide die gegenseitige Lage der Fig. 3, Taf. 24, einnehmen. Der durch die übergreifende Muffe gebildete Zwischenraum wird nun mit einem in Holzteer getränkten Hanfseil ausgestopft, das letztere mittels besonders geformter Eisen fest eingestemmt. Das hierzu dienende Werkzeug, das Stückeisen, ist Fig. 4, Taf. 24, abgebildet.

Daraufhin wird der wieder frei gewordene Raum vor der Hanfdichtung mit Blei ausgegossen. Zu dem Ende wird die Muffe mit Lehm umformt, indem man nur einen Kanal frei läßt nach dem Hohlraum zwischen der Muffe und dem eingelegten Rohr; in diesen Raum wird das Blei eingegossen. Nach Entfernung der Lehmform wird das überflüssige Blei abgeschnitten.

Zur gründlichen Abdichtung bedarf es noch eines mechanischen Einpressens der Bleifüllung, da diese nach der Abkühlung vom flüssigen Zustand auf die gewöhnliche Temperatur ihr Volumen erheblich verringert hat und den Gießraum nicht mehr vollkommen ausfüllt. Es geschieht dies wieder durch Einstemmen mittels besonderer Werkzeuge, Fig. 6, Taf. 24, den sogenannten Bleisetzern oder Kalfateisen, welche auf ähnliche Weise wie die Stückeisen gehandhabt werden. Dieselben müssen stets in allen Rohrdimensionen entsprechenden Größen zur Hand sein. Es kann auf diese Arbeit nicht genug Sorgfalt verwendet werden, wenn die Röhren dicht schließen sollen. Noch ist zu bemerken, daß zur Erreichung einer gründlichen Abdichtung es beim Eingießen des Bleies erforderlich ist, daß die Bleifüllung nicht senkrecht mit dem Ende der Muffe abschneide, sondern über dieselbe hinausrage, wenn die Menge des Materials hinreichen soll, um nach dem Einstemmen den Hohlraum auch vollkommen auszufüllen.

Das Schmelzen des Bleies geschieht in dem Fig. 5, Taf. 24, gezeichneten Ofen. Derselbe, aus Eisenblech gefertigt, besitzt einen Rost, über welchem Koks gebrannt wird. Die Luftzuführung wird unterstützt durch seitliche Löcher. Der Schmelzkessel hängt an einer Bügelschraube, mittels welcher er gesenkt und emporgehoben werden kann.

Von anderen Dichtungsarten ist noch diejenige mittels Gummiringen in Betracht zu ziehen. Sie ist auf alle Fälle die einfachste, da nur das mit einem Gummiring überzogene Ende eines Rohres in die Muffe des anderen Rohres hineinzuschieben ist. Die Bleidichtung kommt hier in Wegfall. Die Gummidichtung zeichnet sich dadurch aus, daß sie wegen der Dehnbarkeit des Materials auch bei Spannungen des Rohrstranges, welche durch Temperaturänderungen bewirkt werden, gasdicht bleiben, was von anderen Dichtungsarten nicht gesagt werden kann. Aus diesem Grunde ist beispielsweise eine Flantschenverbindung der Röhren nicht angängig; das System ist ein zu starres und würde dasselbe unter den berührten Umständen bald zu Undichtheiten der Leitung führen.

Zur Verbindung von gußeisernen Röhren ohne Muffen bedient man sich der sogenannten Ueberschub- oder Doppelmuffen, Fig. 7, Taf. 24. Dieselben wendet man namentlich auch dann gerne an, wenn eine Röhrenverbindung auf schnelle Art hergestellt und wieder gelöst werden soll, wie etwa bei einer provisorischen Leitung. Röhren mit Ueberschiebern kommen nach den Normalien die folgenden Abmessungen zu:

Durchmesser des Rohres in mm	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	750
Länge des Ueberschiebers in mm	300	320	320	320	320	360	400	420	450	510	560
Gewichte in kg . . .	11	17	19	25	36	53	72	119	180	322	420

Schmiedeeiserne Röhren gelangen im allgemeinen nur in geringeren Abmessungen als 40 bis 50 mm lichter Weite zur Anwendung; in größeren nur dann, wenn besondere Umstände ein Material von besonders hoher Festigkeit verlangen und gewöhnliche Gußröhren nicht mehr genügen. Dieser Fall liegt immer vor, wo die Röhren starken Erschütterungen ausgesetzt sind, namentlich bei Straßenübergängen und Brücken. Röhren von geringeren Querschnitten,

wie sämtliche Rohrleitungen innerhalb der Häuser, werden jetzt vorzugsweise in Schmiedeeisen ausgeführt, während ursprünglich allein in Blei.

Die gewöhnlichen Röhren werden hergestellt durch Zusammenbiegen von Bandeisen in der Längsrichtung, gewöhnlich mittels Walzen, und nachheriges Zusammenschweißen der stumpf aneinanderstoßenden Kanten, eine Manipulation, die mit Schwierigkeiten verbunden ist und ohne Ausschuß sich nicht durchführen läßt.

Seit Anfang der 90er Jahre werden auch nach dem Schrägwalzverfahren der Gebr. Mannesmann hergestellte Gasleitungsröhren ohne Naht auf den Markt gebracht. Bezüglich des erwähnten Verfahrens ist zu bemerken, daß nach demselben ein glühender Eisenbarren, unmittelbar aus dem Ofen heraus, zwischen zwei in geeigneter Lage schräg gegeneinander gestellten Walzen hindurchgeführt wird. Die Wirkung dieser Walzen ist, daß die äußeren Lagen des Barrens gewissermaßen über dessen innern Kern hinweggezogen, gestreckt werden, so daß im Innern eine Höhlung zurückbleibt. Indem sich das Werkstück bei der Vorwärtsbewegung zwischen den Walzen stetig um seine Längsachse dreht, wird der Röhre eine cylindrische Gestalt gegeben. Mittels eines in die Seele des Rohres gleichzeitig eingeführten Dornes wird bewirkt, daß die Innenwände geglättet werden.

Die Mannesmannröhren werden der Güte des Materials, ihrer Dauerhaftigkeit und Bearbeitungsfähigkeit wegen sehr gelobt. Im Preise sind sie um etwa $^1/_{10}$ teurer, als die gewöhnlichen Röhren mit Naht. Ihre Anwendung ist noch eine beschränkte.

Die Verbindung von Schmiederöhren erfolgt durch Verschraubung. Hierzu sind, Fig. 8 u. 9, Taf. 24, in dem Umfang der beiden Rohrenden Gewinde eingeschnitten; das eine davon ist frei, während über das andere eine mit Muttergewinde versehene Muffe bis zur einen Hälfte aufgeschraubt ist; sie dient zum Anschluß eines zweiten Rohres.

Entsprechend den gußeisernen Röhren mit beiderseitig offenen Enden und Doppelmuffe, hat man auch solche aus Schmiedeeisen, welche durch eine lose, mit Schraubengewinde versehene Hülse miteinander verbunden werden. An beiden Enden derartiger Röhren, welche indessen nur als kürzere Stücke von beispielsweise $^1/_2$ m Länge vorkommen, sind Gewinde eingeschnitten; das eine hiervon ist jedoch viel länger, als das andere, wie Fig. 14, Taf. 24, zu erkennen gibt; über dieses Gewinde ist die Hülse geschoben. Das Ganze wird als Langgewinde bezeichnet. Soll dieses Rohrstück mit der Rohrleitung verbunden werden, so stößt man die entsprechenden Enden aufeinander und bewirkt durch Ueberschrauben der Muffe den Anschluß.

Das Abschneiden der Röhren, sowie das Einschneiden von Gewinden in dieselben kann am Werkplatze selbst erfolgen mittels besonders hierzu geeigneter Werkzeuge, die nachfolgend beschrieben werden.

Soll ein Rohr an irgend einer Stelle abgeschnitten werden, so kann dies einfach dadurch bewerkstelligt werden, daß man rings um seinen Umfang bis zu einer gewissen Tiefe mit einer dreikantigen Feile einfeilt und nunmehr die vollständige Trennung der Stücke durch Schlagen mit einem Hammer herbeiführt. Die Trennungsflächen sind sodann nur noch mittels der Feile zu ebnen und vom Grat zu befreien.

Ein zum Zweck des Rohrabschneidens geeignetes, von den Installateuren *schon seit langem* gebrauchtes Werkzeug, der Rohrabschneider Zipshausens,

ist Fig. 10, Taf. 24, abgebildet. Der auf einer Seite offene Rahmen A, aus Schmiedeeisen gefertigt, bildet mit seinem oberen Schenkel einen stumpfen Winkel, welcher als Widerlager für das abzuschneidende Rohr dient. Die Langseite des Rahmens bildet nach innen eine Führungsschiene, auf welcher sich ein Schlitten B bewegen kann. Die Führung des letzteren erfolgt mittels der Spindel S, welche mit ihrem vorderen Ende in eine Nute des Schlittens greift, wodurch sie denselben festhält, jedoch in der Bewegung um ihre Längsachse nicht gehemmt ist. Spindel S ist durch den unteren verstärkten Arm des Rahmens A hindurchgeführt, welcher zu dem Zwecke mit einer Schraubenmutter versehen ist. Mittels der Hebelarme a kann der Spindel eine kräftige Vorwärtsbewegung erteilt werden, welche sich auf den Schlitten B überträgt. Der letztere, ein sogenannter Support, hält, in der Fläche des Rahmens, um eine Achse drehbar angeordnet, ein Rädchen, dessen Ansicht im Querschnitt durch die der Figur beigezeichnete Abbildung r kenntlich gemacht ist. Es ist in gehärtetem Stahl hergestellt, sein Durchmesser beträgt etwa 3 cm. Die Ränder des Rädchens bilden Schneiden, wodurch eben das Zerschneiden der Röhren bewirkt werden soll.

Hierzu ist es erforderlich, das Rohr in einen Schraubstock einzuspannen. Man ölt es an der Stelle ein, welche abgeschnitten werden soll, um das Gleiten des Werkzeuges zu erleichtern. Dieses letztere wird jetzt an das Rohr angesetzt, indem man dasselbe in den flachen Winkel des oberen Rahmens bringt, wie auf der Figur zu ersehen ist. Man nähert durch Einschrauben der Spindel den Support dem Rohr, so daß das Rädchen etwas in dasselbe einschneidet. Führt man jetzt den Apparat mittels des Handgriffes, welcher die Verlängerung der Spindel bildet, um das eingespannte Rohr herum, so schneidet das Rädchen auf seinem Wege eine Kerbe ein, die bei allmählichem Anziehen der Spindel immer tiefer wird und endlich zur vollständigen Trennung der beiden Röhrenenden führt.

Ein Apparat zur Herstellung von Gewinden ist die S c h n e i d e k l u p p e; eine solche ist Fig. 11, Taf. 24, abgebildet (Patent Engels und Wesselmann). Das Werkzeug wird gebildet durch den starken Rahmen R, welcher auf einer Seite offen ist. Hebelarme, welche in der Richtung einer Diagonale an den Rahmen angesetzt sind, dienen zur Handhabung des Werkzeuges beim Gewindeschneiden. Innerhalb des Rahmens sind die Backen r und r′ gelagert, welche Einsätze besitzen, die als Teile eines Schraubengewindes betrachtet werden können. Die Backe r ist durch einen Hebelarm h und Zapfen i beweglich mit dem Rahmen R verbunden. Sie kann mittels Schraube s in beliebige Entfernung gegen Backe r′ gebracht werden, wodurch der Durchmesser des zu schneidenden Gewindes bemessen wird. Eine Feder v drückt den Hebel h gegen die Schraube.

Soll ein Rohrende mit Gewinde versehen werden, so feilt man dasselbe erst soweit konisch, daß die auf einen bestimmten Spindeldurchmesser eingestellte Kluppe an diesem Ende anfassen kann. Beim Drehen des Werkzeuges schneiden die Backen jetzt das Gewinde in das Rohr ein. Die entstehenden Späne fallen durch die Zwischenräume der Backen hindurch.

Durch die G a s r o h r - G e w i n d e s c h n e i d e m a s c h i n e von G ö b e l wird die Vornahme des Einspannens des Rohres in einen Schraubstock, das Abschneiden des Rohres und das Einschneiden eines Gewindes durch ein und denselben Apparat bewirkt, der Fig. 12, Taf. 24, abgebildet ist.

Auf dem hohlen Zapfen eines Gestelles dreht sich eine Büchse, welche hinten ein Schneckenrad trägt und vorn den Abschneider sowie den Gewindeschneidekopf aufnimmt. Am entgegengesetzten Ende befindet sich der Rohrspanner, welcher das Rohr ohne weiteres Einrichten in die erforderliche Lage bringt. Die Büchse, welche den Rohrabschneider und den Gewindeschneider enthält, kann um ihre wagerechte Achse gedreht werden. Diese Bewegung wird ihr dadurch erteilt, daß in das Schneckenrad eine Schnecke eingreift, die ihrerseits durch eine verstellbare Handkurbel gedreht werden kann.

Um ein Rohr abzuschneiden, wird dasselbe in die Maschine hineingeschoben und mittels des Spanners festgehalten. Der Gewindeschneidekopf war vorher zu entfernen, es wird jetzt nur ein Anschlagstift gegen das Rohr gehalten, welcher beim Drehen der Büchse mittels der Kurbel in das Rohr einschneidet. Dies wird so lange fortgesetzt, bis die Trennung der Rohrenden erreicht ist, bezw. durch Nachhilfe mittels eines kräftigen Schlages bewerkstelligt werden kann.

Auf ganz ähnliche Weise wird beim Einschneiden eines Gewindes verfahren. Man setzt den Gewindekopf in die Büchse ein, während der Anschlagestift herausgezogen wird. Das Rohr ist wieder festzuspannen, die Backen des Gewindeschneiders werden dagegengedrückt. Dreht man jetzt die Handkurbel, so wird das Gewinde in das Rohr eingeschnitten. Es ist nun die Einrichtung getroffen, daß der Gewindekopf bei jeder Umdrehung um die Länge einer Schraubenhöhe vorgeschoben wird, so daß er also gleichmäßig dem eingeschnittenen Gewinde nachfolgt.

Der beschriebene Apparat besitzt in seiner größten Ausführung für die Bearbeitung 2zölliger Röhren ein Gewicht von 45 kg. —

Man verwendet zur vollständigen Dichtung der Schmiederöhren an den Stellen der Verschraubungen einen Kitt aus Mennige und Leinöl, welches breiartige Gemenge auf das Gewinde vor dem Einschrauben aufzutragen ist. Indessen darf man sich auf die dichtende Wirkung des Kittes nicht zu sehr verlassen; keinesfalls aber soll sich die Gewohnheit einführen, wie leider oft geschieht, daß man die Verbindungsstellen einfach von außen verschmiert, um sich damit beruhigt über eine Pfuscharbeit hinwegzusetzen. Man hat vielmehr auf jeden Fall dafür Sorge zu tragen, daß die Gewinde der Rohre scharf eingeschnitten sind und die Enden genau ineinander passen, so daß hierdurch schon eine möglichst vollständige Dichtung erzielt wird. Die Regel bezeichnet es als wünschenswert, wenn die Rohre sich beim Einschrauben bis auf die 2 oder 3 letzten Schraubenwindungen durch die Hand aneinanderschließen lassen, während die Beendigung der Arbeit die Zuhilfenahme einer Rohrzange erforderlich machen soll.

Die hierzu dienenden Rohrzangen sind Fig. 13, Taf. 24, abgebildet. Das erstere Werkzeug der Zeichnung wird gebraucht zum Anfassen größerer Röhren; das zweite, welches als Reifzange oder Kappenzange bezeichnet wird, dient zum Gebrauche bei dünneren Röhren.

Bleiröhren. Zum Zwecke der Gasleitung kommen Bleiröhren in der Stärke von etwa 6 bis 50 mm lichter Weite vor, mit Wandstärken von 1,6 bis 3,3 mm. Die Verbindung geschieht ausschließlich durch Lötung. Das eine Rohrende wird hierzu mittels eines Pflockes konisch ausgeweitet, das andere durch ein Messer zugespitzt, so daß es in die trichterförmige Erweiterung eingepaßt werden kann. Als Lötmetall dient Zinn. Soll ein

Bleirohr an eine Eisenleitung angeschlossen werden, so verbindet man dasselbe erst mit einem kurzen eisernen Rohrstück, welches mit der Feile so bearbeitet ist, daß es sich am Ende verjüngt; es kann dann mit dem erweiterten Ende des Bleirohres verlötet werden. Das Eisenrohr besitzt ein Gewinde, mit welchem der Anschluß an die Leitung auf die bereits geschilderte Art bewirkt werden kann.

Leitungen aus Bleiröhren empfehlen sich durch die einfache Art, in welcher sie überall angebracht werden können und die sich in der Biegsamkeit des Materials kennzeichnet. Andererseits liegt bei derartigen Leitungen die Gefahr nahe, daß bei einem beginnenden Schadenfeuer die leicht schmelzbaren Bleiröhren sich sehr bald öffnen und so das ausströmende Gas Verheerungen anrichten kann, wenn es nicht gelingt, die Leitung noch rechtzeitig abzustellen. Ferner gibt sich ein Mißstand darin zu erkennen, daß solche Röhren wegen der Weichheit des Materials leicht äußeren Verletzungen ausgesetzt sind; durch Einschlagen eines Nagels rc. kann das Bleirohr leicht beschädigt werden. Einen Schutz dagegen bietet die Anwendung von biegsamem Metallschlauch, welcher über das Rohr als ein Mantel geschoben wird. Dieselben werden von H. Witzenmann in Pforzheim hergestellt.

Rohrlegungen.

Beim Legen der Gasleitungen unterscheiden wir die auf das Rohrnetz der Straße sich beziehenden Arbeiten von denjenigen der Gasleitung im Hause. Beide Arten sind schon dem Material nach voneinander verschieden, wie bereits hervorgehoben wurde, indem die weiteren Röhren der Straßenleitungen vorwiegend aus Eisenguß, die engeren der Privatleitungen durchgehends aus schmiedeeisernen Rohren hergestellt sind.

Das Straßenrohrnetz. Das Rohrnetz der Straße erfordert zunächst die Anlage eines Grabens, in welchen die Röhren eingebettet werden sollen. Der Platz hierfür wird von den Behörden bestimmt, er befindet sich meistens auf der einen Seite der Straße, in einigen Städten dagegen unter den Trottoirs. Die Tiefe, in welcher die Röhren unter den Boden einzulegen sind, wird nach beiden Richtungen begrenzt entsprechend den Gesichtspunkten, daß einerseits die Röhren so tief unter die Erdoberfläche verlegt werden müssen, daß der Frost keinen Einfluß mehr auf das Gas ausüben kann, indem sich aus diesem Wasserdämpfe und Naphthalin abscheiden und in der Form von Kristallen sich an die Rohrwandungen ansetzen und zur Vermehrung des Reibungswiderstandes oder zur vollkommenen Verstopfung der Röhren führen können. Andererseits legt man die Röhren nicht gerne zu tief wegen der erhöhten Kosten der Erdarbeiten und des erschwerten Beikommens im Falle notwendiger Rohranschlüsse oder Ausbesserungen bei Rohrbrüchen. Man hat sich darin geeinigt, als geringste Tiefe etwa 0,7 m anzunehmen, als größte 1 bis 2 m. Innerhalb dieser Grenzen befindet sich dann auch der Spielraum, nach welchem der Rohrleitung ein Gefälle zu geben ist, um darin sich ausscheidende Flüssigkeit, Wasserdämpfe, welcher das Gas auf seinem Wege durch die Rohrleitungen sich zum Teil entledigt, nach bestimmten Punkten zusammenlaufen zu lassen, wo sie sich in Töpfen u. dergl. ansammeln und jederzeit daraus leicht entfernt werden können. Man gibt

den Straßenleitungen ein Gefälle von 1 auf 200. Den entsprechenden Neigungswinkel muß selbstverständlich auch der Graben in seiner Horizontalrichtung besitzen.

Da man nun der Rohrleitung nicht nach ein und derselben Richtung fortlaufend Gefälle geben kann, so kehrt man von je 200 zu 200 m die Richtung um, d. h. man läßt von einem bestimmten höchsten Punkt von 0,7 m unter dem Straßenpflaster die Rohrleitung nach beiden Richtungen hin bis auf eine Strecke von 200 m abfallen, so daß das Gefälle 1 : 200 herauskommt. An den tiefsten Stellen werden die Wassertöpfe eingeschaltet; von diesen aus setzt sich dann die Rohrleitung wieder aufwärtssteigend fort. Man erhält durch die Wiederholung dieser Rohrlegung eine in senkrechtem Schnitt zickzackförmig verlaufende Leitung.

Selbstverständlich ist bei dieser Anlage das Gefälle der Straße selbst zu berücksichtigen, sie ist vor der Rohrlegung genau zu bestimmen, damit auf diese das Gefälle der Gasleitung bezogen werden kann. Besitzt die Straße beispielsweise ein Gefälle von 1 : 1200, so ist das Gefälle der Leitung (1 : 200) im Hinblick auf die Straßenoberfläche um den Betrag von $^1/_6$: 200 nach derjenigen Richtung hin zu vermindern, nach welcher zu Rohrleitung und Straße gleichzeitig abfallen; in entgegengesetzter Richtung ist das Gefälle um denselben Betrag zu vermehren. Dann hat man aber auch die Länge der auf- und absteigenden Strecken der Leitung in der Weise abzumessen und werden in der Richtung der abfallenden Straße die steigenden Rohrstrecken kürzer, die fallenden aber länger wie 200 m werden, so daß jedoch zwischen je zwei Wassersammlern 400 m Rohrleitung liegt.

Dem Graben, in welchen die Rohrleitung eingelegt werden soll, hat man von vornherein eine möglichst ebene Sohle zu geben, da man auf diese unmittelbar die Röhren auflegt. Der Boden soll nicht nachträglich aufgeschüttet, sondern sogenannter gewachsener sein, da dieser sichere Gewähr leistet, nachträglich nicht mehr einzusinken. Es empfiehlt sich daher, die Ausgrabung nur soweit zu bewerkstelligen, daß die letzten Erdschichten erst, nachdem ein Rohrstück eingelegt ist, gewissermaßen unter diesem hervorgezogen werden. Stößt man bei der Herstellung des Grabens auf einen nachgiebigen Untergrund, so hat man erst für eine feste Unterlage zu sorgen; es kann dies geschehen durch Einrammen von Pfählen oder auch durch Maurerarbeit.

Bestimmte Vorsichtsmaßregeln, welche eine leicht mögliche Verstopfung der Leitung verhüten sollen, sind den mit der Rohrlegung betrauten Arbeitern nicht genug anzuempfehlen. Man hat bei jedem Rohrstück, welches an die Leitung angeschlossen werden soll, erst durch Hindurchblicken sich davon zu überzeugen, ob sich kein fremder Körper in dessen Innern befinde und erforderlichenfalls mit einem Wischer hindurchzufahren. Dann ist das Rohr an dem einen Ende — demjenigen mit der Muffe — mit einem konisch geformten Holzpflock zuzuspunden, während es mit dem anderen Ende auf die oben beschriebene Weise mit der bereits liegenden Leitung verkuppelt wird. Der Stopfen darf erst herausgenommen werden, wenn das nächste Rohrstück angesetzt wird.

Die zwischen der Straßenrohrleitung eingeschalteten, stets an deren tiefsten Stellen befindlichen Töpfe zur Ansammlung des Wassers, die sogenannten Siphons, besitzen meist die in Fig. 15, Taf. 24, bezeichnete Gestalt. In den gußeisernen Topf, welcher eine der Stärke des Rohrstranges

ntsprechende Größe hat, führt zunächst ein 13 bis 20 mm weites Rohr a
sogenanntes $^5/_8$" Rohr) von der Straßenoberfläche bis fast zum Boden
es Gefäßes. Dieses Rohr kann oben mittels einer Kappe (Fig. 16)
erschlossen werden. Es dient dazu, um das Saugrohr einer Pumpe ein-
führen zu können, vermittelst welchem der Siphon jederzeit sich entleeren
läßt. Ein zweites in den Siphon geführtes Rohr b ist die Leitung nach der
nächststehenden Straßenlaterne. Es ragt nur etwa bis zur Mitte des Topfes
in, so daß das Wasser bis zu jener Höhe steigen kann, ohne dem Gas die
Speisung der Straßenlaterne zu verwehren. Die letztere beginnt schwächer
zu werden und zu zucken, wenn dieser Punkt eingetreten ist, weil das ab-
geschrägte Rohr im Siphon nicht sofort durch das Wasser abgesperrt wird.
Durch dieses Zeichen wird also eine Anfüllung des Siphons jeweils bemerkbar
gemacht; die angeschlossene Laterne wird daher auch als eine Signallaterne
bezeichnet.

Andersartige Wassertöpfe sind in der Mitte mit einer Scheidewand
versehen, welche bis zur Hälfte des Gefäßes herabreicht und dadurch die
Siphons geeignet machen, mittels eingegossenen Wassers die weitere Gas-
leitung absperren zu können, was namentlich bei Feuersbrünsten in dem be-
treffenden Versorgungsgebiet von Wichtigkeit sein kann, aber auch dann not-
wendig wird, wenn auf die Veranlassung eines Rohrbruches hin die Leitung
geöffnet oder etwa ein Rohrstück aus derselben herausgenommen werden muß.

In dem letzteren Falle bedient man sich auch mit Vorteil eines sehr
einfachen Kunstgriffes zur Absperrung der Gasleitung. Man führt in die
Röhre eine mit einem Gummischlauch verbundene Schweinsblase ein und bläst
dieselbe stark auf, so daß sich die Membran dicht an die inneren Rohr-
wandungen anschließt, wodurch der Schluß bewirkt wird. Dieser letztere
kann beliebig lange erhalten werden, wenn man den Gummischlauch selbst
mittels eines Hahnes oder dergl. abschließt. Um die Absperrung zu be-
endigen, hat man nur den Luftdruck in der Blase aufzuheben und die
letztere wieder aus dem Rohre herauszuziehen.

Der Anschluß der Zweigrohre an die Hauptleitung, insbesondere
daher die Verbindung der Privat-Gasleitungen mit dem Rohrnetz der Straße,
läßt sich nicht gut in der Weise bewerkstelligen, daß man in ein mit Gewinde-
gängen versehenes Loch des Gußrohres das gleichfalls mit einem Gewinde
ausgestattete Ende des schmiedeeisernen Rohres unmittelbar einschraubt. Das
Gußeisen ist zu spröde, um erstens ein genaues Einschneiden der Gewinde
zu gestatten und zweitens einer Beanspruchung widerstehen zu können, welche
das seitlich angesetzte Rohr bei Verschiebungen nach senkrechter Richtung
ausübt.

Man bedient sich zu derartigen Verbindungen stets einer sogenannten
Rohrschelle, bestehend aus einem starken Sattel, durch dessen Scheitel hin-
durch ein Loch geht. Der Sattel wird auf das angebohrte Gußeisenrohr
so aufgesetzt, daß die beiden Oeffnungen sich decken; zur Dichtung bringt
man zwischen beide Teile einen mit Mennige bestrichenen Leinwandring oder
einen Gummiring. Der Sattel wird dadurch befestigt, daß durch seine mit
Flantschen versehenen Enden hindurch ein Bügel um das Rohr herum an-
gelegt und dessen über die Flantschen hervorragenden Köpfe, welche Schrauben-
gewinde besitzen, mittels Schraubenmuttern fest angezogen werden. Die ganze
Anordnung geht aus der Zeichnung Fig. 17, Taf. 24, hervor.

Das Anbohren der Hauptleitung erfolgt in der Regel ohne Absperrung des betreffenden Rohrstranges, was wegen der damit verbundenen Gasausströmungen mit gewissen Unannehmlichkeiten verbunden ist.

Die Firma Bopp & Reuther in Mannheim hat eine sinnreiche Einrichtung konstruiert, welche es gestattet, den Anschluß eines Zweigrohres bewerkstelligen zu können, ohne daß hierzu ein besonderer Abschluß der Rohrleitung erforderlich wäre. Fig. 18, Taf. 24, soll dieses Verfahren zur Anschauung bringen*).

Zunächst wird der Sattel, welcher mit seinem Hals seitlich mit der anzuschließenden Rohrleitung verbunden ist, auf die bereits beschriebene Weise an dem Eisenrohre befestigt. Dann erst wird der Bohrapparat aufgesetzt. Der letztere besteht aus einer Hülse, welche mit ihrem unteren Ende genau auf den Hals des Sattels paßt, mit dem letzteren noch besonders abgedichtet werden kann, und in dieser Lage während der Zeit der Arbeit mittels um das Rohr geschlungener Ketten festgehalten wird. Durch einen an der Hülse befindlichen Hahn kann das Bohrloch abgesperrt werden. Der Bohrer wird nun bei geöffnetem Hahn durch die Hülse der Apparates und den Hals des Sattels hindurch eingeführt, bis er das Rohr trifft. Gegen oben ist die Hülse mittels Bajonettverschlusses durch eine Stopfbüchse abgeschlossen, in welcher sich der Bohrer bewegen kann. Der letztere wird gegen das Werkstück, hier das Rohr, angepreßt durch eine mit dem Apparat verbundene Schraube, welche durch die Mitte eines an einem Ende drehbaren Bügels hindurchgeht, so daß dieser zur Einführung oder Beseitigung des Bohrers zur Seite geführt werden kann. Der Bohrer ist an seinem oberen vierkantigen Ende mit einer Bohrrätsche versehen, mittels welcher er in Bewegung gesetzt wird. Fig. 18, Taf. 24, zeigt den Augenblick der beendigten Bohrarbeit. Jetzt wird die Schraube wieder aufgedreht, welche den Bohrer niederdrückte, der Bügel zurückgeschlagen, die Bohrrätsche entfernt und der Bohrer zunächst soweit durch die Stopfbüchse hindurch zurückgezogen, daß man die Hülse mittels des Hahnes abschließen kann. Damit ist die Verbindung der beiden Rohrleitungen hergestellt. Der Bohrer kann mit der Stopfbüchse vollständig herausgenommen werden, nachdem der Bajonettverschluß der letzteren gelöst ist. Dieser Augenblick wird durch Fig. 19, Taf. 24, bezeichnet.

Nunmehr muß die Oeffnung des Sattelhalses nach oben, welche bisher mit dem Bohrapparat in Verbindung stand, mittels einer Verschlußkappe abgesperrt werden, welche genau in ein im Hals des Sattels befindliches Schraubengewinde einpaßt. Zu dem Ende wird eine auch unten mit Vierkant versehene Stange, um die Verschlußkappe fassen zu können, mit der letzteren durch die Stopfbüchse hindurch in die Hülse des Bohrapparates eingeführt, gerade so, wie vorhin mit dem Bohrer geschehen war. Nachdem die Verschlußkappe eingeschraubt ist, kann der Apparat abgenommen werden und hat man nun die bereits in Fig. 17, Taf. 24, gezeigte Anordnung vor sich.

Privatgasleitungen. Beim Verlegen schmiedeeiserner Rohrleitungen im Boden sind dieselben Gesichtspunkte maßgebend, wie bei Gußröhren. Innerhalb des Hauses werden stärkere Röhren mittels Rohrschellen an den Wänden bezw. Decken befestigt. Dieselben werden gebildet, wie Fig. 20

*) *Journ. f. Gasb.* 1888.

bis 22, Taf. 24, zeigt, durch einen starken schmiedeeisernen Kloben, welcher in das Mauerwerk der Wand eingeschlagen wird, so daß nur noch ein rechtwinkelig angebogener Schenkel, der Kopf des Klobens, zu tage liegt. An diesem letzteren Teil ist die eigentliche Rohrschelle durch Vernietung befestigt. Sie besteht aus einem Ring aus Bandeisen, welcher sich in zwei Teilen auseinander nehmen läßt, so daß das Rohr ungehindert eingelegt werden kann. Die beiden Hälften der Schelle werden nun durch Schrauben miteinander verbunden, welche durch je zwei Lappen zweier Ringstücke hindurchgeführt werden (Fig. 22). Oder auch, es wird die Verbindung durch Scharniere bewerkstelligt, wozu man nur die Stifte durch die Scharniere hindurchzustecken hat (Fig. 20). Eine Vereinigung der beiden Verbindungsweisen zeigt Fig. 21.

Dünnere Röhren werden einfach mittels Haken von der Gestalt der Zeichnungen Fig. 23 u. 24, Taf. 24, an die Wand festgeschlagen. Der eigentliche Haken, das sogen. Blatt, welches aus dem Mauerwerk hervorsteht und das Rohr umfassen soll, besitzt entweder einen Rücken von halbrundem Querschnitt (Fig. 23) oder das Blatt ist flach. Die letztere Form (Fig. 24) findet namentlich Verwendung für das Anschlagen von Bleiröhren; man gibt hierfür dem Blatte auch eine größere Breite.

Auch bei Hausleitungen hat man, sobald längere horizontale Strecken vorliegen, auf Einhaltung des Gefälles zu achten; denn unter besonderen, durch Witterung gegebenen Umständen können gerade innerhalb des Hauses die Wasserausscheidungen aus dem Gas verhältnismäßig groß werden, zumal im Winter, wo der Erdboden oft viel wärmer ist, als die Luft in über demselben befindlichen Räumen. Das verdichtete Wasser muß sich in einem seitlich der Leitung angebrachten kleinen U-förmig gebogenen Rohre ansammeln können, welches für gewöhnlich nach außen durch eine aufgeschraubte Kapsel abgeschlossen ist. Der Ausfluß des Siphonrohres liegt tiefer als der Einfluß, so daß beim Oeffnen das Wasser nur bis zu einer bestimmten Höhe ausfließt, der Rest aber einen sicheren Abschluß des Gases bildet.

Es empfiehlt sich bei der Anlage von Gasleitungen schwacher Dimensionen, also namentlich in Privatgasleitungen, als Eckenstücke der Leitung, welche von wagerechten Strecken abzweigend in die Höhe führen, nicht Bogenröhren zu verwenden, da es sich gezeigt hat, daß sich in deren Innerm an der konkaven Seite Eisenrost in erhöhter Menge absetzt, welcher den Rohrquerschnitt verringert und zu schlechtem Brennen des Gases führen kann. Für solche Stellen sollten nur Eckstücke mit scharfer Biegung in Verwendung kommen.

Gasausströmungen und Reparaturen der Rohrleitung.

Trotz der sorgfältigsten Behandlung der Gasrohrleitungen bei deren Installation ist es nicht möglich, dieselben auch auf die Dauer dicht zu halten. Die verschiedensten Umstände vermögen dem entgegenzuwirken. Namentlich sind es natürliche oder künstliche Erderschütterungen und die durch Temperaturschwankungen bedingten Spannungen des Rohrstranges, welche den Zusammenhalt des letzteren lockern; das Gas beginnt auszuströmen.

Derartige immer wiederkehrende Gasausströmungen bilden zunächst den Hauptanteil der Verluste, welche alljährlich den Gasfabriken erwachsen und die auf 10, ja sogar bis 20 Prozent und mehr der gesamten Produktion sich belaufen können. Aber ganz abgesehen von den hieraus entspringenden geldlichen Verlusten bringen sie auch Unannehmlichkeiten anderer Art im Gefolge, die außer dem Bereich des materiellen Interesses liegen. Das entweichende Gas belästigt die Nase auch nicht empfindlicher Naturen in auf die Dauer nicht erträglicher Weise und ist sein Geruch im Freien bei einem Bruch des Straßenrohrnetzes ebenso unangenehm bemerkbar, wie innerhalb eines Hauses. Strömt das Leuchtgas in geschlossenen Räumen aus, in welchen es sich ansammeln kann, so vermag es hier in der explosiven Form seines Gemisches mit atmosphärischer Luft zu schweren Unglücksfällen Veranlassung geben. Beim Betreten des Raumes mit einem brennenden Licht erfolgt die Explosion; die Bedingungen für die letztere treten ein bei der Mischung eines Raumteiles Gas mit vier bis dreizehn Raumteilen Luft. Eine weitere Gefahr birgt das Leuchtgas in seiner Giftigkeit, welche, wie bekannt, hauptsächlich auf dessen Gehalt an Kohlenoxyd beruht. Sowohl im Hinblick auf diese, als auf die vorher erwähnte Gefahr, kann der durchdringende Geruch des Gases als eine günstige Eigenschaft desselben bezeichnet werden, da er die Gegenwart von Leuchtgas in der Luft auf einfache Weise zu erkennen gibt, so daß noch rechtzeitig einem Unglück vorgebeugt werden kann. Eine Gasausströmung kann daher besonders verhängnisvoll werden, wenn, wie dies beim Durchtritt des Gases durch große Erdschichten hindurch erfolgt, das Leuchtgas seines charakteristischen Geruches beraubt wird. Der Fall gehört nicht zu den Seltenheiten, daß bei einem Rohrbruch der Hauptleitung das Gas durch den Erdboden hindurch nach erwärmten Häusern hinströmte und darin ausströmte, getrieben durch den Ueberdruck der kälteren äußeren Luft gegen die leichtere wärmere im Innern der Häuser. Infolge der Geruchlosigkeit solchen Gases wird dasselbe nicht bemerkt und kann es insbesondere zur Nachtzeit den Tod von Menschen und Tieren herbeiführen.

Sobald daher irgendwo an einer Gasleitung Ausströmungen von Leuchtgas zu bemerken sind, hat man, noch während durch die Leitung Gas hindurchströmt, die schadhafte Stelle ausfindig zu machen. Der Natur der Sache entsprechend, verfährt man hierzu auf verschiedene Weise, je nachdem man es mit der Straßenleitung oder mit der Privatleitung zu thun hat.

Ein größerer Schaden der Straßenrohrleitung macht sich durch Gasgeruch auf der Straße kenntlich. Um die betreffende Stelle des reparaturbedürftigen Rohres ausfindig zu machen, treibt man in dem Gebiet des am stärksten wahrnehmbaren Gasgeruchs in der Lage des Leitungsrohres eiserne Röhren in den Boden bis in die Nähe der Leitung. Die Stärke des Geruchs des aus den Röhren ausströmenden Gases hat nun den Weg zu zeigen, an welcher Stelle der Rohrbruch zu suchen sei. Diese Arbeit ist immerhin eine umständliche und nicht durchaus sichere, da die Röhren nicht alle gleichmäßig nach derselben Entfernung vom Gasrohr eingeführt werden können.

Man kann den Zweck vollkommener durch die Anlage sogenannter Entlüftungskanäle erreichen. Schon bei der Rohrlegung werden der Länge nach durchschnittene Röhren aus irgend welchem Material, etwa Steinzeug, so über die Leitungsröhren gelegt, daß sie auf diesen ein Dach bilden, unter

welchem sich ausströmendes Gas ansammeln kann. Man läßt nun diese Rinnen jeweils auf eine Strecke von zwei Rohrstücken gegeneinander ansteigen, damit das in den Rinnen angesammelte Gas nach dem Scheitel des so gebildeten Giebels hinzieht. Hier ist ein Rohr eingesetzt, welches bis zur Straßenoberfläche führt, und durch welches nun bei auftretendem Gasgeruch die obenerwähnten Proberöhren eingeführt werden können. Auf diesem Wege ist der Rohrbruch wenigstens für eine verhältnismäßig kurze Strecke mit großer Bestimmtheit ausfindig zu machen. In der Praxis wird man jedoch von solcher Anordnung kaum ausgedehnteren Gebrauch machen.

Derartige Entlüftungskanäle haben noch den Vorteil für sich, daß man die Rohrleitung jederzeit leicht auch auf geringere Gasausströmungen prüfen kann, welche sich von selbst auf der Straße nicht mehr bemerkbar machen. Man hat nämlich zu bedenken, daß das Leuchtgas beim Durchgang durch höhere Erdschichten seinen charakteristischen Geruch zum großen Teil verliert, ja oft vollkommen geruchlos und dadurch nicht ohne weiteres erkennbar wird, ein Umstand, dessen bereits weiter oben Erwähnung geschehen ist Durch die nach den Entlüftungskanälen führenden Röhren kann nun das Gas durch seinen Geruch erkannt werden, oder auch in Fällen höchster Verdünnung, welche der Nase nicht mehr erkennbar ist, durch eine chemische Reaktion, deren sich *Bunte* bedient. Es gründet sich dieselbe auf die Eigenschaft des Palladiumchlorürs mit Leuchtgas, beziehungsweise dem Kohlenoxydgas desselben, sich zu einem schwarzen Körper zu verbinden. Weißes Filtrierpapier wird mit der hellgelben Lösung des Palladiumchlorürs in Wasser getränkt; das noch feuchte Papier wird zu Röllchen aufgewickelt und diese nun einfach in die verschiedenen Proberöhren eingehängt; schon nach wenigen Minuten wird das Papier auch bei sehr geringer Gasausströmung sich als geschwärzt erweisen.

Hat man die Stelle gefunden, an welcher ein Schaden der Rohrleitung zu erwarten steht, so wird das Rohr durch Aufgrabung des Erdreiches freigelegt. Die Bearbeitung des hartgefrorenen Bodens bereitet hierbei oft große Schwierigkeiten, namentlich wenn der Frost, wie dies in lange andauernden Wintern der Fall sein kann, über 1 m tief in den Boden eingedrungen ist. Zur Auftauung hartgefrorenen Erdreichs bedient man sich häufig eines in lebhaftem Brande unterhaltenen Koksfeuers. Als ein einfacheres Mittel wird von verschiedener Seite empfohlen, sich zum Auftauen der Wärme zu bedienen, welche beim Abbinden des gebrannten (Aetz-) Kalkes mit Wasser freigemacht wird. Zu dem Ende bringt man auf die betreffende Stelle des Erdbodens einen Haufen gebrannten Kalkes, übergießt denselben mit Wasser aus einer Gießkanne und überdeckt nun den Haufen mit einer die Wärme schlecht leitenden Masse, um die sich entwickelnde Wärme zusammenzuhalten und dieselbe nur auf den Untergrund einwirken zu lassen.

Ist nun die Gasleitung durch Entfernung des Erdreiches bloßgelegt, so kann man die schadhafte Stelle leicht kennbar machen, indem man die Flamme einer Lötlampe, wie solche bei den Blechnern gebraucht werden, dem Rohr entlang und um dasselbe herum führt. Selbstverständlich wird man die Verbindungsstellen der Röhren auf diese Weise zuerst untersuchen. An der Bruchstelle fängt das ausströmende Gas Feuer und gibt dadurch die erstere zu erkennen.

Auf eine entsprechende Weise ist auch der *Schaden an einer Rohrleitung innerhalb des Hauses* zu ermitteln. Besondere Vorsichts-

maßregeln beim Ableuchten der Röhren, welche sich den Decken oder oben an den Wänden der Wohnräume entlang ziehen, dürfen hierbei nicht außer Acht gelassen werden. Man hat zu bedenken, daß das ausströmende Leuchtgas wegen seines geringen spezifischen Gewichtes sich nicht zu Boden senkt und nur allmählich daselbst anlangt, indem es sich mehr und mehr mit Luft mischt. Es kann daher sehr häufig der Fall eintreffen, daß sich im oberen Teil eines geschlossenen Raumes viel Leuchtgas oder ein Gemisch desselben mit atmosphärischer Luft befindet, welches, seiner explosiven Natur wegen höchst gefährlich werden kann, während man am Boden desselben Raumes nur schwachen Gasgeruch wahrnimmt, welcher eine nur unbedeutende Verletzung der Gasleitung könnte vermuten lassen. Bringt man nun eine Flamme in die Zone jenes Gasgemisches, so erfolgt eine Explosion, die selten ohne schlimme Folgen bleibt. — Es erscheint daher auf alle Fälle geboten, dem Ableuchten der Gasleitung eine hinreichende Ventilation des Raumes vorangehen zu lassen. Wo dies nicht angeht, sieht man auch wohl ganz ab von der Annäherung einer Flamme nach dem Rohr und behilft man sich zur Auffindung des Schadens damit, daß man die Rohrleitung mit Seifenwasser bepinselt, so daß sie dadurch von allen Seiten benetzt wird. An der Stelle des ausströmenden Gases bilden sich Seifenblasen, welche in diesem Falle als Erkennungszeichen dienen.

---

b) Schieber, Ventile und Hähne.

Als zu den Leitungsanlagen für das Gas gehörig sind auch diejenigen Apparate zu betrachten, durch welche die Herstellung einer Verbindung oder der Abschluß einer solchen bewerkstelligt wird, sei es nun, daß es sich darum handelt, einen Apparat der Fabrikation ein- oder auszuschalten, sei es, daß ein Teil des Straßenrohrnetzes außer Verbindung mit dem ganzen System zu setzen ist oder irgendwie ein Gasleitungsrohr abgesperrt werden soll. Es ist meist nur die Größe der fraglichen Verbindungsstücke, welche für die Wahl einer erforderlichen Absperrvorrichtung ausschlaggebend ist; für die großen Verbindungen der Gasleitung werden **Schieber** und **Ventile**, für die kleinen **Hähne** in Anwendung gebracht, die letzteren fast ausschließlich für die allerletzten Zweige der Rohrleitungen, indem vor jeder Verbrauchsstelle an der Gasleitung ein Hahn von einfachster Konstruktion angebracht ist.

Die als **Schieber** bezeichneten Verschlußvorrichtungen beruhen auf der Absperrung des Rohres mittels einer Schieberplatte, welche in einem besonderen, an dem Rohre angebrachten Gehäuse gelagert ist und mittels einer Schraubenspindel über den Querschnitt des Rohres verschoben werden kann. Eine derartige Anordnung wird durch Fig. 1 u. 2, Taf. 25, veranschaulicht*). Die erste Zeichnung gibt die Einrichtung des Schiebers im Längsschnitt des Rohres zu erkennen, die letztere zeigt den Querschnitt. Die Teile d und c sind aus Eisenguß hergestellt, sie sind zwischen das Gasleitungsrohr als ein zu diesem gehörendes Stück eingeschalten. Das Gehäuse ist nach oben

*) Bolley, Beleuchtungswesen.

durch einen mit Flantschenverschraubung befestigten Deckel abgeschlossen, welcher nur in seiner Mitte durch eine Stopfbüchse hindurch die Schraubenspindel s in das Innere des Gehäuses hindurchtreten läßt. Die Schraube hält hier den Schieber b fest, indem sie durch die mit Gewinde versehene Verstärkung auf dem Rücken des letzteren hindurchgeht. Bei der Drehung der Schraubenspindel, welche dieser von dem mit Vierkant versehenem Kopfe mittels eines Schlüssels erteilt werden kann, bewegt sich der Schieber in der Richtung der Achse der Spindel. Er gleitet dabei mit seinen glatt geschliffenen Rändern auf den gleichfalls glatten Schienen in dem Gehäuse, gegen welche er dicht abschließt.

Bei den beschriebenen, nur nach einer Seite des Rohres wirkenden Schiebern, bringt man wohl auch noch besondere Federn zur Anwendung, welche die Schieberplatte gegen ihre Bahn, auf welcher sie gleitet, andrücken, um so dem einseitigen Druck, welcher senkrecht gegen die Spindel ausgeübt wird, entgegenzuwirken.

Die letzterwähnte Bedingung wird ohne Anwendung von Federn bewirkt bei denjenigen Schieberkonstruktionen, in welchen der Schieber gleichzeitig gegen zwei Seiten angepreßt wird. Dies kann naturgemäß nur geschehen, indem man dem Schieber und dessen Führung eine mehr oder weniger konische Form gibt. Fig. 3, Taf. 25, zeigt als eine solche Konstruktion den Schieber von Jenkins. Die Anordnung besteht im wesentlichen aus denselben Teilen wie der vorhin beschriebene Apparat. Eine Abweichung findet sich indessen zunächst darin, daß die Spindel mittels eines Kopfes an ihrem unteren Ende in eine Kapsel des Schiebers eingreift und dadurch den letzteren festhält. Oben ist die Spindel in eine mit Mutter versehene Hülse gelagert, welche sich auf dem Schiebergehäuse erhebt, und bei der Drehung mittels eines Handrades darin auf und ab bewegt wird. Der Schieber selbst besitzt eine konische Gestalt, indem seine eine Seitenfläche parallel, die andere schräg zu dem Querschnitt des Rohres gelagert ist, und zwar ist die erstere gegen den Gasstrom gerichtet. Diese Fläche des Schiebers besitzt auch noch eine besondere elastische Dichtung, welche in der Form eines Ringes in deren Rand eingelagert ist und nach Bedarf erneuert werden kann. Beim Niederschrauben des Schiebers keilt sich dieser zwischen die schrägen Flächen der Führung ein, wodurch ein sehr dichter und auf die Dauer sicherer Verschluß bewirkt werden kann.

Von anderen größeren Absperrvorrichtungen sind die sogenannten **Niederschraubventile** von Bedeutung, von denen eine einfache Konstruktion in Fig. 4, Taf. 25, abgebildet ist. Das Ventilgehäuse bildet, wie die zuvor beschriebenen Schieber, ein Zwischenstück der Gasleitung, welches in einem Guß hergestellt und mit aufschraubbarem Deckel versehen ist. Durch den letzteren führt eine mittels Stopfbüchse abgedichtete Spindel. Die Schraube kann mittels eines Handrades in einer Mutter gedreht werden. Sie trägt an ihrem unteren Ende die Verschlußplatte, in deren Rand ein Bleiring eingelegt ist, wodurch bei geschlossenem Ventil eine erhöhte Dichtheit erreicht werden soll. Beim Niederschrauben der Spindel bewegt sich die Platte gegen das Gasrohr, welches in einem kurzen Stutzen innerhalb des Ventilgehäuses endigt. Der Deckel kann gegen dieses Rohr fest aufgepreßt werden, der Verschluß ist in diesem Falle ein vollkommener.

Wo kompliziertere Umschaltungen am Platze sind, wie namentlich bei den Reinigern in der Gasanstalt, bringt man vielfach Ventile zur Anwendung, welche, in der Art der sogenannten Dreiwegehähne, gestatten, je nach der Stellung ein und desselben Ventils das von einer Richtung kommende Gas nach Belieben in einer von zwei sich anschließenden Leitungsröhren weiterzuführen. Eine derartige, auf dem Prinzip des Niederschraubventils beruhende Einrichtung hat Gareis konstruiert; dieselbe, als Doppelventil bezeichnet, ist in den Einzelheiten ihrer Konstruktion Fig. 5 bis 7, Taf. 25, abgebildet und zwar in zwei Querschnitten (Fig. 5 u. 6) und einem Grundriß. Das Ventilgehäuse besteht zunächst aus zwei großen Kammern AA', in welchen je zwei an einer Ventilstange v befestigte Ventilscheiben a, a' und b, b' miteinander verbunden sind; die letzteren können mittels der Schraube s mit dem Handrad h gemeinsam auf und ab bewegt werden. In der auf der Zeichnung Fig. 5 gegebenen Stellung sind die Doppelventile hoch-, bei Fig. 6 niedergeschraubt. Die unteren Platten verschließen im ersteren Fall, indem sie mit ihren Rändern gegen entsprechende Ventilsitzflächen scharf angepreßt sind, die unteren Räume B und B' der Ventilkammern; die oberen, A und A', sind hingegen geöffnet und dadurch ihre Verbindung mit den Rohrstrecken I und II hergestellt. Umgekehrt werden bei niedergeschraubtem Doppelventil die oberen Kammern A und A' geschlossen, die unteren dagegen geöffnet (Fig. 6).

Nun liegen in kreuzweiser Lage zu den zwei großen Abteilungen des Doppelventils nochmals zwei Räume, C und D, an welche sich die Rohrleitungen III und IV anschließen. Diese haben zu den erstgenannten Abteilungen die folgenden Beziehungen: der Raum D steht mit der oberen Kammer A und gleichzeitig mit der unteren Kammer B' in Verbindung, während er gegen A' und B verschlossen ist. In entsprechender Weise ist C mit A' und B verbunden, gegen A und B' dagegen abgeschlossen.

Bei hochgeschraubtem Ventil nimmt daher das Gas seinen Weg durch den Apparat in der Richtung I—A—D—IV einerseits und II—A'—C—III andererseits; bei niedergeschraubtem Ventil steht ihm dagegen die Richtung I—B—C—III und II—B'—D—IV offen. —

Einer besonderen Erklärung der **Hähne** bedarf es nicht. Dieselben kommen bei Gasleitungen fast ausnahmslos an den dünnen Endzweigen derselben vor, sie vermitteln den Zulaß des Gases aus der Leitung in die Verbrauchsapparate oder schließen diese Verbindung ab. Die Hähne sind aus Messing gefertigt. Das Küken wird in seiner Führung festgehalten durch eine an seinem unteren Ende aufgeschraubte Scheibe, welche das Zurückgleiten verhindert.

---

c) Die Gasmesser.

Zur Kontrolle der durch die Leitung gehenden und derselben an den Verbrauchsstellen entnommenen Gasmengen dienen die Gasmesser, auch *Gasuhren genannt*, deren allgemeine Bedeutung wir bereits bei Gelegenheit der

Besprechung des Stationsgasmessers (S. 193) berührt haben. Vorstehendes Kapitel ist dem konstruktiven Teil dieser Apparate eingeräumt, deren es verschiedene Formen gibt, wenn man die Verbrauchsgasmesser hinzunimmt. Es sind namentlich zwei in ihrem Prinzip gänzlich voneinander verschiedene Arten, von welchen im nachstehenden die Rede sein wird, die nassen und die trockenen Gasmesser; erstere Art ist wohl am häufigsten im Gebrauch, nach diesem Prinzip sind insbesondere die Stationsgasmesser gebaut, wie bereits an der betreffenden Stelle ausgeführt worden ist.

Nasse Gasmesser. Bei ihrer größten Verbreitung sind die sogenannten nassen Gasmesser der Konstruktion nach die ältesten. Ihre Einrichtung und Wirkung besteht darin, daß das Gas seinen Weg durch eine Trommel hindurch nehmen muß, welche in eigenartig geformte Fächer abgeteilt ist, die sich einseitig von der Achse nach dem Umfang erstrecken. Die Trommel taucht bis über ihre Achse, um welche sie sich drehen kann, in Wasser ein. Bei jeder Lage der Trommel sind deren Fächer entweder nach der einen Seite hin mit der Gaszuleitung oder nach der anderen Seite hin mit der Gasableitung in Verbindung gesetzt; niemals ereignet sich aber bei ein und demselben Fach beides zusammen. Das zuströmende Gas pflanzt den höheren Druck, welcher ihm in dem Rohrnetz eigen ist, auf die Wände des Faches fort, mit welchem die Trommel und das Rohrnetz gerade in Verbindung stehen, wodurch die Trommel eine drehende Bewegung erhält. In einer bestimmten Lage angelangt, wird die Verbindung dieses Faches mit der Gaszuleitung aufgehoben und diejenige mit der Gasableitung hergestellt. Damit ist einmal eine Gasmenge abgemessen, welche dem für das Gas verfügbaren Inhalte des Trommelfaches gleichkommt. Durch ein mit der Achse der Trommel verbundenes Zeigerwerk wird die abgemessene Menge in Raumeinheiten angegeben.

Den ersten Gasmesser dieser Art hat Clegg konstruiert. Fortwährende Verbesserungen, welche seither an Gasmessern vorgenommen worden sind, haben denselben eine sehr vollkommene Gestalt gegeben. In vorzüglicher Weise wird das Wesen der Konstruktion in Bolleys „Beleuchtungswesen" zur Darstellung gebracht; an der Hand der hieraus entnommenen Abbildungen Fig. 8 bis 14, Taf. 25, soll nachfolgend die Beschreibung derselben gegeben werden. Der wichtigste Teil des Gasmessers, die Trommel, zeigt nach außen zunächst den Mantel B′ und nach einer Seite den gewölbten Deckel B; die dem letzteren entgegengesetzte Seite ist flach, sie läßt 4 exzentrisch gegen die Achse z verlaufende Spalten erkennen, welche nach dem Innern der Trommel führen und welche insbesondere in Fig. 9 zu bemerken sind (a′, c, e, g). Letztere Zeichnung stellt die innere Einrichtung der Trommel vor, wie sie sich darbietet, wenn der Mantel und der Deckel abgenommen sind. Die 4 Fächer A, B, C, (D, nicht sichtbar,) werden gebildet durch eigenartig geformte Flügel, deren einer durch Fig. 8 dargestellt ist. Die Scheiben c und b eines jeden Flügels haben eine parallele Lage zu einander; sie sind geometrisch kongruent, aber im entgegengesetzten Sinne. Diese beiden Teile werden durch eine Wand a, welche die Schaufeln oder Zwischenwände der Trommel darstellt, miteinander verbunden.

Sind nun 4 Flügel in der Weise zusammengestellt, wie aus Fig. 9 ersichtlich ist, so bilden die scheibenförmigen Ansätze c und b im Gesamten zwei, je eine volle runde Scheibe bildende parallele Wände. Die Schlitze, welche

durch die übereinandergreifenden Ansätze gebildet werden, öffnen sich aber auf beiden Flächen nach entgegengesetzten Richtungen.

Die Trommel ruht mit ihrer Welle z in den an der Vorder- und Hinterwand des Gehäuses A, Fig. 10 u. 11, befindlichen Lagern, um welche sie sich drehen kann. Bis zu einer bestimmten Höhe W befindet sich die Trommel unter Wasser; dasselbe kann, durch die Schlitze hindurch, ungehindert auch zu den inneren Teilen der Trommel gelangen. Infolge der Schräglage der Schaufeln befindet sich nun jeweils ein, beispielsweise nach dem Fache B (Fig. 9) führender Schlitz c, unter Wasser, während der zu demselben Fache führende Schlitz a sich über dem Wasserspiegel befindet und hier dem Gase den Zutritt gestattet. Dieses gelangt nämlich, kurz angedeutet, auf dem Wege l, k, i, E und das U-förmige Rohr n, welches durch eine Oeffnung in der Mitte des Deckels der Trommel führt, in den hier befindlichen Vorraum ein, erfüllt diesen, soweit er sich über Wasser befindet, und dringt durch die Schlitze in die Fächer der Trommel ein; vermöge seines Ueberdruckes hebt es die Abteilung der Trommel mehr und mehr aus dem Wasser heraus, bis hierbei die Eintrittsöffnung selbst unter Wasser gerät und damit der weitere Gaszufluß abgeschnitten ist. Inzwischen beginnt die nächstfolgende Abteilung sich mit Gas zu füllen und übernimmt dadurch die weitere Bewegung der Trommel. Das erstgenannte Fach füllt sich aber jetzt mehr und mehr mit Wasser, welches durch denselben Spalt a eintritt, durch welchen vorhin das Gas eingeströmt war; der an der entgegengesetzten Seite befindliche Spalt c hat sich aus dem Wasser gehoben und liefert nun das Gas in den Hohlraum des Trommelgehäuses ab, von wo aus dasselbe durch die Leitung q weitergeführt wird.

Der Weg, welchen das Gas bis zum Innern der Trommel nimmt, ist aus den Zeichnungen Fig. 10 und 12, Taf. 25, ersichtlich. An die Vorderwand des Trommelgehäuses schließt sich, mit diesem in innerer Verbindung stehend, der viereckige Kasten E an, welcher bis zur Höhe W mit Wasser gefüllt ist. Das Gas gelangt nun durch das Zuleitungsrohr l zunächst in die kleine Abteilung k dieses Kastens; in die letztere tritt es durch eine Oeffnung hindurch ein, deren Ventil i mit Schwimmer h für gewöhnlich gehoben ist. Weiter gelangt das Gas durch das U-förmig gebogene Rohr n in das Innere der Trommel, wie wir bereits gesehen haben.

Das Gas erreicht die Gasuhr des Verbrauchsortes nicht immer mit derjenigen Menge Wasserdampf, mit welcher dasselbe bei Verlassen des Gasbehälters der Fabrik gesättigt war. Auf seinem Wege durch die Rohrleitungen der Straßen passiert es bei gewissen äußeren Temperaturverhältnissen, namentlich während der kälteren Jahreszeit, Stellen, deren Temperatur eine geringere ist, als diejenige im Gasometer. An solchen Stellen entledigt sich dann das Gas eines Teiles seines Wassers; es wird dadurch zur Wasseraufnahme bei höheren Temperaturgraden wieder befähigt. Diese Bedingung ist dem Gas unter anderem geboten, wenn es durch die Leitung in ein wärmeres Haus und in den hier befindlichen Gasmesser eintritt. Es bringt also beständig kleine Mengen des in den Gasuhren befindlichen Wassers zur Verdampfung, der Wasserspiegel sinkt demnach. Man begreift, daß hierdurch eine Ungenauigkeit der Gasuhr entsteht, da die messenden Abteilungen der Trommel jeweils nach einer Seite hin durch die Flüssigkeitsoberfläche begrenzt werden. Ein Sinken der letzteren bedeutet aber eine Vergrößerung des Maßes mit dem gemessen wird, die Trommel

läßt bei einer einmaligen Umdrehung mehr Gas hindurchgehen, als ihrer Aufzeichnung entsprechen würde.

Um einer daraus entspringenden zu großen Schädigung der Gasfabrik vorzubeugen, muß eine jede Gasuhr in Zwischenräumen von etwa 4 Wochen aufs neue mit Wasser nachgefüllt werden. Steht die Gasuhr in einem kälteren Raum, so dient als Füllflüssigkeit besser ein Gemisch von Wasser mit Glycerin oder eine Lösung von Chlormagnesium, welche, je nach dem Grade ihrer Konzentration, erst weit unter 0° C. gefrieren. Nach der anderen Seite hin liegen die Siedepunkte solcher Lösungen höher als derjenige des reinen Wassers und ist auch die Verdunstung eine in entsprechender Weise geringere.

Die Einfüllung der Flüssigkeit erfolgt durch das Schraubenventil v des viereckigen Kastens (Fig. 11 u. 10). Die Höhe des Wasserspiegels wird durch die Lage des Rohres n angegeben, welches (neben seiner Eigenschaft als Verbindungsrohr der Trommel mit dem Kasten E für das Gas) auch als Ueberlaufrohr dient und zu dem Ende bis nahe zum Boden eines allseitig abgeschlossenen Kastens s verlängert ist, in welchem sich das Wasser ansammelt und mittels des Schraubenventils u in einer bestimmten Höhe abgezogen werden kann. Das zurückbleibende Wasser bildet einen hydraulischen Verschluß des Rohres n, beziehungsweise dessen unteren Endes t. Man hat also bei der Instandsetzung des Apparates einfach die beiden Ventile v und u zu öffnen und zu dem oberen Ventil Flüssigkeit einzugießen so lange, bis zu dem unteren Ventil Flüssigkeit austritt. Dann werden beide Oeffnungen wieder verschlossen.

Wird das Nachfüllen nicht rechtzeitig besorgt, so daß der Flüssigkeitsspiegel mehr und mehr sinkt, so schließt der Schwimmer b, welcher dieser Bewegung folgt, mittels des Ventiles i allmählich die Oeffnung, welche dem Gas den Durchlaß von k nach E gestattet. Durch Schwächerwerden der Beleuchtung des Hauses oder schließliches Erlöschen der Flammen ist das Zeichen gegeben, daß die Gasuhr nachgefüllt werden muß.

Die Anordnung zur Uebertragung der drehenden Bewegung der Trommel auf das Zeigerwerk geht aus den Zeichnungen Fig. 11 und 12, 13 und 14, hervor. Die Trommelachse ist an ihrem einen Ende mit einer Schnecke versehen, welche in das wagerechte Zahnrad a eingreift. Die Achse des letzteren geht durch eine Hülse e hindurch, welche den Austritt des Gases verhindert, in das über dem Kasten A befindliche Gehäuse F für das Zählwerk; sie endigt hier in eine Scheibe r, deren Umfang in gleiche Teile geteilt ist, welche einzelne Liter des durch die Gasuhr hindurchgegangenen Gases erkennen lassen. Unmittelbar unter dieser Scheibe sitzt an der Achse eine Schnecke, an welche sich nun ein Räderwerk anschließt. Das erste Rad vollführt beispielsweise eine einmalige Umdrehung beim Durchgang von 1500 l Gas durch die Trommel der Gasuhr. Dieses Rad greift mit einem Trieb von 6 Zähnen in ein Rad von 40 Zähnen ein, das letztere dreht sich somit beim Durchgang von je $1500 \cdot \frac{40}{6} = 10000$ l oder 10 cbm einmal um seine Achse; ein damit verbundener Zeiger gibt auf einem Zifferblatte die einzelnen Kubikmeter Gas an. Die Uebersetzung ist noch weiter geführt, indem die Drehung durch einen Trieb auf ein Rad mit der zehnfachen Anzahl Zähne übertragen wird, so daß also jedes folgende Rad einen Umlauf beendet nach vollführten zehn Drehungen des vorangehenden. Diese Umdrehungen entsprechen 10, 100, 1000 ꝛc. cbm Gas, die durch Zeiger

kenntlich gemacht werden. Es ist noch zu bemerken, daß infolge dieser Räderübersetzung die Zeiger des Zählwerkes nicht alle im gleichen Sinne laufen, sondern in aufeinanderfolgender Reihe nach rechts und nach links, worauf bei der Ablesung Rücksicht zu nehmen ist.

Die Größenverhältnisse der Gasuhr, beziehungsweise deren Trommel, richtet sich nach der Flammenzahl, für welche das Gas geliefert werden soll. Dementsprechend sind auch die Maße der Uebersetzung der Trommelwelle auf das wagerechte Zahnrad (a) verschiedene, jeweils aber derartige, daß eine gerade Anzahl von Umdrehungen der senkrechten Welle mit der Scheibe r herauskommt. Die hieraus entspringenden Werte sind nach Schilling in folgender Tabelle zusammengestellt.

Flammenzahl	Meßinhalt in l der Trommel bei 1 Umdrehung	Uebersetzung der Trommel auf die wagerechte Welle	Literzahl der Scheibe r	Wert eines Teilstriches der Scheibe r	Uebersetzung von der wagerechten Welle auf die Achse des 1. Zifferblattes	Weitere Uebersetzung von einem Zifferblatt auf das nachfolgende	Zahl der Zifferblätter
3	3,57	2 : 28	50	1	1 : 30 6 : 40	6 : 60	3
5	7,14	2 : 28	100	2	1 : 20 6 : 30	6 : 60	3
10	14,28	2 : 28	200	4	1 : 50	6 : 60	4
20	28,57	2 : 28	400	8	1 : 25	6 : 60	4
30	41,67	2 : 24	500	10	1 : 20	6 : 60	4
50	55,56	2 : 18	500	10	1 : 20	6 : 60	4
60	83,33	2 : 24	1000	20	1 : 10	6 : 60	5
80	111,11	2 : 18	1000	20	1 : 10	6 : 60	5
100	142,86	2 : 14	1000	20	1 : 10	6 : 60	5
150	210,15	2 : 19 15 : 30	1000	20	1 : 10	6 : 60	5

Trockene Gasmesser. Die trockenen Gasmesser bieten den nassen gegenüber gewisse Vorzüge, die sich namentlich in dem Wegfall des erforderlichen häufigen Nachfüllens kennzeichnen; ferner gelangt das Gas, namentlich wenn sich dasselbe, wie bereits oben erwähnt, auf dem Wege durch die Rohrleitung eines Teils seines Wassergehaltes entledigt hat, in verhältnismäßig trockenem Zustand in die Verbrauchsgasleitung des Hauses. Es wird also hier eine nachträgliche Wasserausscheidung, welche bei nicht sachgemäßer Anlage der Rohrleitung das Zucken der Flamme hervorruft, in erheblich geringerem Grade Platz greifen, als dies bei Anwendung nasser Gasuhren der Fall ist.

Die Konstruktion der trockenen Gasmesser ist derjenigen des Blasebalgs nachgebildet; sie besteht — wenigstens in den früheren Formen — im wesentlichen aus zwei einander gegenüberstehenden Wänden, welche durch eine Membran (weiches Leder) beweglich miteinander verbunden sind und damit den Raum abschließen, welcher zum Messen des Gases bestimmt ist. Das Gas tritt durch ein Ventil in den zusammengedrückten Blasebalg ein und bläht denselben auf. Die Bewegung wird dazu benutzt, um erstens bei einer bestimmten, durch die Aufblähung erreichten Lage eine Umsteuerung derart wirken zu lassen, daß der Einlaß des Gases abgesperrt, der Auslaß nach der Verbrauchsleitung aber geöffnet wird; zweitens hat der auseinandergehende Blasebalg, bei der Anordnung eines Paares solcher Meßkammern,

diese zweite zusammenzudrücken; endlich wird die Bewegung auf das Zählwerk übertragen. Einen brauchbaren Gasmesser nach diesem System baute Croll, bei welchem indessen das Zusammenpressen des gefüllten Meßraumes unmittelbar durch den Gasdruck selbst besorgt wird. Die hierzu erforderliche Einrichtung des Apparates soll, soweit sie die Bewegungsweise des Gases kenntlich zu machen geeignet ist, durch die schematische Zeichnung Fig. 15, Taf. 25, zur Anschauung gebracht werden. Der Apparat teilt sich in eine Vorkammer R und zwei Paare von Hauptkammern A, B und A′ B′. Jedes Paar ist mit einem Schieber versehen, s und s′. Die Kammern B und B′ stellen die beweglichen Blasebälge dar. Das Gas tritt stets durch das Zuleitungsrohr S in die Gasuhr ein und erfüllt zunächst deren Vorkammer R. Bei der auf der Zeichnung angegebenen Schieberstellung von s findet das Gas weiteren Zutritt zu der Kammer A; es drückt hier auf den Blasebalg B, welcher sich in den einen Ast des Gasableitungsrohres T entleert. Das zweite Kammerpaar, B′, A′, ist bei der augenblicklichen Stellung des Schiebers s′ nach jeder Richtung hin abgesperrt. In einem nächsten Augenblick beginnt sich aber dieser Schieber seitlich nach links zu bewegen, das Gas tritt von der Vorkammer R durch die nunmehr frei gewordene äußerste Spalte rechts in die Kammer A′ ein und drückt auf den Blasebalg B′; gleichzeitig öffnet sich der Ausgang des letzteren nach dem einen Zweig der Gasableitung hin, wodurch sich das Gas entfernen kann. Dieser Zustand entspricht genau der Lage des auf der Zeichnung angegebenen Kammersystems AB. Denken wir uns nun den Blasebalg B des letzterwähnten Kammerpaares vollständig zusammengedrückt, so bewegt sich Schieber s wieder nach links; er geht durch die Lage hindurch, welche augenblicklich der Schieber s′ zeigt, und stellt schließlich die Verbindung der Vorkammer R mit dem Blasebalg B, ferner der Kammer A mit der Gasableitung her. In dem Maße, wie sich jetzt der Blasebalg ausdehnt, wird die Kammer A nach der Gasleitung zu entleert. — Die Stellung der beiden Schieber ist gegeneinander derartig gewählt, daß niemals zwei extreme Bewegungen der Blasebälge zusammenfallen, wodurch die Abgabe des Gases nach der Verbrauchsgasleitung eine unregelmäßige sein würde und sich nur ein unruhiges Licht erhalten ließe.

Eine Vervollkommnung hat die Crollsche Gasuhr dadurch erfahren, daß man der sich bewegenden Wand des Blasebalgs die genau bezeichnete Grenze vorschrieb, innerhalb welcher sie sich jedesmal gleichmäßig ausdehnen konnte; denn von der gleichbleibenden Größe des messenden Raumes hängt selbstverständlich die Genauigkeit der Gasuhr ab. Eine dahin zielende Konstruktion von Haas wird durch Fig. 16 bis 18, Taf. 25, dargestellt*). Die letzte Zeichnung veranschaulicht wieder das Schema der inneren Einrichtung, und soll diese zunächst erläutert werden. Der Gang des Gases ist durch Pfeile kenntlich gemacht. Es gelangt zunächst durch das Gaszuleitungsrohr in einen gemeinschaftlichen Raum, welcher der Vorkammer des Crollschen Apparates entspricht, hier aber seiner räumlichen Begrenzung nach den wesentlichsten Teil der Gasuhr ausmacht. Innerhalb dieses Raumes befinden sich zwei aus Blech gefertigte rautenförmige Kammern. Durch die lange Diagonale einer jeder dieser Kammern ist eine Membrane gezogen, welche an ihren Rändern durch die mittels Flantschen verbundenen Hälften der Kammern festgehalten werden und diese selbst in zwei Abteilungen scheiden. Der untere

*) Journ. f. Gasb. 1881 u. 1890.

Teil dieser Zwischenwand ist jedoch durch Metallblech versteift, läßt aber der Membran freie Bewegung, so daß sie sich ungehindert gegen die Wände der Kammer anlegen kann.

Bei der gezeichneten Schieberstellung s gelangt das Gas durch die Rohrverbindung k_1 in die Abteilung I der Kammer. Indem es sich hier ausdehnt, preßt es die Membran gegen die Wand der Kammer II, das hier befindliche Gas strömt durch das Rohrstück k_2 aus und gelangt in den Zweig k_3 der Gasableitung. Die rechte Kammer auf der Zeichnung stellt den Zustand dar, in welchem diese Bewegung vollendet ist; die Abteilung III vor der Membran ist vollständig mit Gas gefüllt, die Größe ihres Inhaltes gibt das Maß des nunmehr abzugebenden Gases an. In einem nächsten Augenblick öffnet der Schieber s′ den Zugang des Gases durch das Rohrstück k_4 nach dem hinter der Membran befindlichen Raume, dieselbe wird wieder nach der entgegengesetzten Wand hinübergedrückt und damit wird durch die gleichzeitig hergestellte Verbindung des Rohres k_5 mit dem zweiten Zweig des Gasabflußrohres k_6 in das letztere der Inhalt des Raumes III hinübergeleitet.

Die Uebertragung der Bewegung der hin- und hergehenden Membrane auf das Zählwerk und die Schiebervorrichtung ist durch die Zeichnungen Fig. 16 und 17, Taf. 25, gekennzeichnet. Wie aus dem Querschnitt des Apparates zu ersehen, ist der metallene Flügel e der Membran an seinem unteren Ende mit einer Welle a (a′) fest verbunden, mit welcher sich der Flügel dreht; im gleichen Sinne dreht sich die Achse der Welle bald nach rechts, bald nach links. Diese Bewegung wird nun mittels der an der Welle festsitzenden Kurbel e (e′) und der Pleuelstange f (f′) an der zweiten Welle g in eine drehende Bewegung umgewandelt, indem die Pleuelstange wieder mit einer Kurbel der letzteren Welle verbunden ist. Auf diese Kurbel wirken gemeinschaftlich die Pleuelstangen beider Kammerpaare, und ist es Sache der Schieberstellung, daß die entstehende Bewegung eine im gleichen Sinne wirkende sei. Die Welle g ist in ihrer Mitte mit einer Schnecke ausgestattet, welche in derselben Weise durch Eingreifen in ein wagerechtes Zahnrad das Zählwerk in Bewegung setzt, wie wir dies bereits bei Besprechung der nassen Gasuhr kennen gelernt haben. — Eine zweite an der Welle a (a′) sitzende Kurbel dient dazu, die Schieber s s′ der beiden Kammerpaare in Bewegung zu setzen. Sie faßt die Pleuelstange c (c′) an, deren Ende gelenkig mit dem Schieber verbunden ist. Letzterer gleitet, durch eine Geradeführung gehalten, auf einer glattgeschliffenen Unterfläche ohne nennenswerte Reibung. Die Röhren k sind die Zu- und Ableitung des Gases nach und von den Kammern. —

Durch eine Verordnung des Eichamtes vom 27. Juli 1885 ist festgesetzt worden, daß die Fehlergrenzen der von den Gasuhren sämtlicher Konstruktionen angegebenen Gasmengen höchstens + 4 Prozent von der thatsächlich durch den Gasmesser hindurchgehenden Gasmenge betragen dürfen, d. h. sie dürfen nie mehr als 4 Prozent zu viel oder 4 Prozent zu wenig angeben. Dieser Anforderung entsprechen auch die hier vorgeführten Gasmesser; dieselben wurden, mit einer Reihe anderer Konstruktionen, von der Normaleichungs-Kommission als eichfähig bezeichnet. Bezüglich der trockenen Gasmesser erklärte jedoch Dr. Löwenherz († 1892), Direktor der technisch-physikalischen Reichsanstalt, daß diese Apparate nicht auf die Dauer zuverlässig seien. Es hatte sich gezeigt, daß der Wassergehalt des Gases und

ie Temperatur desselben bleibende [illegible] [illegible] der [illegible] der Gasuhr hervorriefen.

Gasmesser mit Vorausbezahlung (Automaten). [illegible] kleinen Mann ist es eine gewisse [illegible] geringeren Quantitäten Gas zur [illegible] Betrag in kleinerer Münze [illegible] dieser öfteren kleinen Ausgabe [illegible] Intervallen von oft mehreren [illegible] eine große [illegible] beglichen werden soll. [illegible] messer mit Vorausbezahlung [illegible] struieren; die Apparate [illegible] Gas in entsprechender [illegible] reichen Konstruktionen [illegible] Gasautomaten, welche als [illegible] Gas in der Leitung [illegible] so wird die vorher [illegible] sobald der Gashahn an der [illegible] der gewünschten Gasmenge [illegible] von Bienvenu und Riger: [illegible] Gasverbrauches durch einen [illegible] Geldstückes vor Ablauf der Gasuhr [illegible] still steht, sondern ein [illegible]

Gasautomaten sind [illegible] London besaß Ende 1893 [illegible] Auch in Frankreich bedient man sich der [illegible] Orten. In Deutschland [illegible] Eingang gefunden.

Gasmesser für getrennte Aufzeichnung des Tag- und Nachtkonsums. In neuerer Zeit hat sich [illegible] den Preisen des Gases für Beleuchtungszwecke [illegible] Kraftzwecke andererseits [illegible] Unterschied eintreten zu lassen. [illegible] einer derartigen Maßnahme [illegible] stalt daran gelegen [illegible] Versorgungskreise zu versichern [illegible] Verwendung des Gases zu [illegible] Die Gasindustrie [illegible] welchem sie der letzteren gegenüber [illegible] igen Gegenden, z. B. den [illegible] Konkurrent des Gases das [illegible] gegenüber muß die Gasbeleuchtung [illegible] auf keine bessere Weise geschehen, wie auf dem [illegible] Wege, bei dem Verbrauch des Gases zu anderen als [illegible] Preisermäßigung [illegible] en zu lassen.

In der That [illegible] Tagesbedarf hergestellte Gas, das „Tag[illegible]“, [illegible] nach billiger berechnen [illegible], wie das zu Beleuchtungszwecken [illegible] „Abendgas“. [illegible] führt, betragen die [illegible] des Tag[illegible] kaum mehr als die [illegible]ten des Rohmaterials [illegible] der [illegible] Alle weiteren

Auslagen des Betriebes: der größte Teil der Löhne, der Gehälter für die Beamten, die Generalunkosten und Lasten, ferner die in Berechnung zu ziehenden Gasverluste, können infolge der Herstellung einer größeren Menge von Tagesgas keine Steigerung erfahren; diese sämtlichen Kosten, wie auch ferner die Zinsen und Amortisationskosten sind allein auf die Herstellung des Abendgases zu setzen, sie kommen im Preise des letzteren zur Anschauung. Unter anderem ist in Betracht zu ziehen, daß die Retortenöfen ohnedies den Tag über geheizt werden müssen, um den Bedarf für Abendgas zu decken. Von besonderer Wichtigkeit ist es aber, daß bei gesteigertem Verbrauch an Tagesgas, dessen Menge doch kaum jemals diejenige des Abendgases erreichen wird, eine Erweiterung des vorhandenen Rohrnetzes nicht erforderlich ist. Gasbehälter und Retorten müssen allerdings in größerer Zahl angewendet werden, um einen vermehrten Konsum zu decken. Daß sich der Mehraufwand an Gas für Tageskonsum erheblich billiger stellt, als die Gesamtproduktion für die Beleuchtung, ist erklärlich, und so kann es auch billiger verkauft werden.

An vielen Orten hat man, um diesen Verhältnissen Rechnung zu tragen, eine allgemeine Ermäßigung der Gaspreise eintreten lassen, indem man die Frage beiseite setzte, ob das Gas zu Heiz- oder Leuchtzwecken Verwendung findet. Dies wäre allerdings der einfachste Weg; allein es hat sich vielfach gezeigt, daß hieraus eine lebhafte Mehrverwendung des Gases zu Heizzwecken nicht in dem erwarteten Maße hervorgegangen ist, wohl lediglich aus dem naheliegenden Grunde, daß der sich bietende Vorteil der Verwendung des Gases zu Heizzwecken nicht deutlich genug in die Augen springend war, vielmehr der niedere Gaspreis als etwas selbstverständliches hingenommen wurde, ohne die Folgerung daran zu knüpfen, nunmehr das Gas auch häufiger zu Heizzwecken zu benutzen.

Selbstverständlich muß, wenn der Gasverbrauch für Leucht- oder Heizzwecke besonders berechnet werden soll, dementsprechend eine getrennte Abmessung des Gasverbrauches erfolgen. Man behilft sich im allgemeinen damit, daß man in die zu den Heizapparaten führende Leitung eine besondere Gasuhr einschaltet.

Man hat nun Gasmesser konstruiert, welche es gestatten, mittels ein und desselben Apparates den Verbrauch des Gases für die verschiedenen angedeuteten Zwecke dennoch getrennt aufzuzeichnen, wobei man allerdings von einer sehr scharfen Trennung absieht, indem man bloß das während der Tageszeit abgegebene Gas gesondert vom Abendgas aufzeichnet.

Einen Gasmesser zur getrennten Aufzeichnung von Tagesgas und Abendgas hat Wybauw konstruiert; der Apparat ist durch die Zeichnungen, Fig. 19 und 20, Taf. 25, wiedergegeben. Der Gasmesser unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Apparat äußerlich nur durch ein zweites Zählwerk, welches über dem ersten angebracht ist; ferner konstruktiv durch eine Schwimmvorrichtung, welche je nach dem Gasdruck das zweite Zählwerk mit dem ersten in Verbindung setzt oder auslöst. Hierzu führt in der Verlängerung der Welle G mit Schneckenrad, welche das untere gewöhnliche Zählwerk D in Bewegung setzt, eine zweite Welle F nach dem oberen Zählwerk E, auf dieses in gleicher Weise einwirkend. Die beiden Wellen F und G können miteinander verkuppelt werden mittels einer Muffe H, welche in der Längsrichtung der Welle F verschiebbar angeordnet ist. Muffe H kann durch einen zweiarmigen Hebelarm C gehoben und gesenkt werden.

Bewegung wird erteilt durch das Heben und Senken der Glocke A,
cher der Hebel mit seinem einen Ende befestigt ist. Die Glocke taucht
n Kasten mit Glycerinfüllung. In ihr Inneres führt ein [illegible]
welches mit der Gasleitung in Verbindung steht. Durch eine Ver-
g des Gasdruckes wird also die Glocke gehoben. Hebel C drückt die
H nieder, wodurch die beiden Wellen G und F miteinander verbunden
d als eine einzige Welle dieselbe Umdrehung durch die Bewegung
ommel erfahren. Damit die Kuppelung auch bei geringer Abnahme
asdruckes, wie solche in Druckschwankungen vorkommen, dennoch be-
bleibe, wird der Hebel, beziehungsweise die Glocke A in der [illegible]
teilten höchsten Stellung mittels eines Sperrhakens K festgehalten.
kann wieder ausgelöst werden, wenn man den Gasdruck vorüber-
um ein bestimmtes Maß weiter erhöht als das erste Mal. Dann sinkt
ocke wieder in ihre anfängliche tiefste Lage zurück und werden hierbei
den Zählwerke E und D außer Verbindung gesetzt. E bleibt still
während D weiter zählt.
Die Inbetriebsetzung oder Ausschaltung des zweiten Zählwerkes erfolgt
n der Gasanstalt aus mittels der mechanischen Kraftübertragung des
s in der Gasleitung. Wird des Abends mit Beginn der öffentlichen
tung der übliche Abenddruck gegeben, welcher ja eine Vermehrung des
s bedeutet, so wird damit ohne weiteres die Glocke A der Gasmesser
und damit das zweite Zählwerk in Thätigkeit gesetzt. Es genügt
se Bewegung ein Mehrdruck von 15 mm gegenüber dem tagsüber
altenen Gasdruck. Des Morgens zwischen 4 und 6 Uhr wird dann,
die billigere Berechnung für Tagesgas eintreten soll, durch eine be-
vorübergehende Vermehrung des Gasdrucks bei auf etwa 50 mm
zen, die Sperrklinke der Glocke A wieder ausgelöst und dadurch das
Zählwerk außer Thätigkeit gesetzt. Wir sehen also, daß das obere
rk nur diejenige Menge des verbrauchten Gases zur Anschauung bringt,
während der Nacht, also zu Beleuchtungszwecken, verwendet wird,
d das untere Zählwerk den gesamten Gasverbrauch angibt. Die
nz der beiden Angaben entspricht dem Verbrauch des Tagesgases.

3. Apparate zum Verbrauch des Gases.

Anwendungen des Gases.

Das Leuchtgas vereinigt vornehmlich vier Eigenschaften in sich, welche demselben einen weit ausgedehnten Verwendungskreis geschaffen haben; es sind dies die Licht- und Heizwirkungen des brennenden Gases, die Kraftäußerungen eines explodierenden Gas-Luftgemenges und schließlich der Auftrieb des Gases in atmosphärischer Luft, wovon zur Füllung von Luftballons Anwendung gemacht wird. Die genannten Wirkungen lassen sich im folgenden näher kennzeichnen, wodurch auf die zum Verbrauch des Gases dienenden Apparate vorbereitet werden soll.

1. **Lichtwirkung.** Die Erscheinung des Leuchtens der Flamme ist im physikalischen Teil dieses Werkes bereits eingehend abgehandelt worden. Das eigentliche Leuchtgas sowie auch karburiertes Wassergas enthält, wie dort gezeigt wurde, die Bedingungen in sich, welche es zum Leuchten befähigen. Der sich bei der Verbrennung aus dem lichtgebenden Bestandteil abscheidende Kohlenstoff dient als Träger des Lichtes, indem er glüht. Von der Stärke des Glühens, d. h. der Höhe der Flammentemperatur, hängt zum großen Teil die Intensität des Lichtes ab. Durch geeignete Lampenkonstruktionen (Intensiv- und Regenerativbrenner) kann das Glühen zu hohem Grade gesteigert werden.

Die durch vorherige Beimengung von Luft entleuchtete Flamme oder auch die Wassergasflamme, der von vornherein die Bedingungen zum Leuchten abgehen, ergeben gleichfalls Lichtwirkung, wenn feste, als Glühkörper dienende Drähte, Stäbe oder Gewebe in dieselbe eingeführt werden (Auersches und Fahnehjelmsches Gasglühlicht).

2. **Wärmewirkung.** Obgleich das Leuchtgas unter allen Brennstoffen der teuerste ist, so hat es seinen verschiedenartigen Vorzügen eine ausgebreitete Verwendung zu Wärmezwecken zu verdanken. Unter denselben ist zunächst namhaft zu machen die leichte Transportfähigkeit des Gases durch Röhren hindurch an irgend welchen Verbrauchsort. Nirgends kommt dies mehr zu statten als bei der Heizung der Wohnräume mittels Gas und bei der Anwendung des letzteren zum Kochen, wofür verschiedenartige Apparate konstruiert worden sind. Das Herbeischaffen von Brennmaterial als eine be-

sondere Arbeit [illegible] die Reinigung der [illegible] von unverbrennlichen Rückstand mit Entfernung desselben aus dem Hause nebst der damit verbundenen [illegible]. Ein weiterer großer Vorteil besteht in der leichten Zuleitung der Gas-[illegible] und der beliebigen Regulierung der Flammengröße. Diese Vorzüge des Gases kommen auch zur Geltung bei verschiedenen [illegible] des [illegible] und der Großindustrie: in dem [illegible] von [illegible], beim Heizen der [illegible]. [illegible] das Gas [illegible] noch durch die besonders [illegible] Experimente zu machen. Die bei seiner Verbrennung [illegible] Wärme auf einen engeren Raum zu erhalten, als dies bei der Verbrennung fester Heizstoffe möglich ist; mit anderen Worten, es können durch dasselbe höhere Temperaturen erzeugt werden.

3. **Kraftwirkung.** Die Verbrennung des Gases kann nur gewöhnlich in der Weise sich vollziehen, daß das Gas aus einem Brenner in die Luft eintritt, an welcher Stelle sich die Verbrennung in Gestalt einer Flamme so lange fortsetzt, als Gas nachströmt. Anders gestaltet sich die Verbrennung, wenn man Gas und Luft vorher mischt und dann entzündet. In diesem Falle ist die Verbrennung eine augenblickliche, durch das ganze Gasgemenge sich fortsetzende, und eine vollkommene, wenn Gas und Luft in einem richtigen Verhältnis zu einander stehen.

Dies Verhältnis ist für gewöhnliches Steinkohlengas 1 Volum Gas auf 5,5 Volum Luft; explosionsartige Entzündung findet jedoch auch noch statt beim Verhältnis von 1 Gas auf 4 Luft und 1 Gas auf 13 Luft; im ersteren Fall ist im Verbrennungsprodukt ein Ueberschuß von Gas noch enthalten, im letzteren von Luft. Die augenblickliche Entzündung des Gasgemenges erhöht durch die Steigerung der Temperatur auf weit über 1000° dessen Druck beträchtlich, wodurch unter Umständen die Wände des Raumes gesprengt werden; man spricht dann von einer Explosion. Die Temperatur- und Drucksteigerung ist am stärksten bei dem Verhältnis von 1 Gas auf 5,5 Luft.

Der bei der Entzündung eines Gasgemenges entstehende Druck kann in Kolbenmaschinen, ähnlich der Dampfmaschine, nützlich verwertet werden, indem man das Gemenge hinter einen Kolben treten läßt und dann entzündet. Solche Maschinen werden als Gaskraftmaschinen oder Gasmotoren bezeichnet und haben seit dem Jahre 1867, wo die ersten praktischen Motoren von der Gasmotorenfabrik Deutz geliefert wurden, eine außerordentliche Verbreitung erlangt. Ihre Wirkungsweise wird dadurch charakterisiert, daß der Kolben bei seinem I. Hube das Gas-Luftgemisch in den Cylinder ansaugt und in der Endstellung die Zuführung mittels Schiebers oder Ventils abstellt; beim II. Hube preßt er das Gasgemisch bis auf ein kleines Volumen zusammen; bei Beginn des III. Hubes erfolgt Zündung des Explosionsgemenges, der Kolben wird vorgetrieben; beim IV. Hub öffnet sich ein Auspuffventil, der rückläufige Kolben schiebt die Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder hinaus. Das Spiel beginnt nun wieder von neuem; man sagt, die Maschine arbeite „im Viertakt“. — Erst in neuester Zeit sind im Zweitakt arbeitende Gasmotoren gebaut worden, bei welchen der Kolben einen Antrieb von beiden Seiten erhält (wie der Kolben von Dampfmaschinen).

Die Verwendung des Gases zu Kraftzwecken eingehend zu erörtern, so wie dies in Bezug auf Leucht- und Heizwirkung [illegible] soll, gehört

nicht in den Rahmen vorliegenden Buches; dieses Kapitel macht ein umfangreiches Spezialgebiet der Ingenieurwissenschaften aus.

4. **Auftrieb des Gases.** Das geringe spezifische Gewicht des Leuchtgases ließen dasselbe schon frühzeitig zum Füllen von Luftballons Verwendung finden. Eine bestimmte Raummenge eines jeden Gases, welches leichter als Luft ist, erfährt von seiten der letzteren einen Auftrieb, dessen Größe, in Gewichten ausgedrückt, gleich kommt dem Gewichte einer gleich großen Luftmenge minus dem Gewicht des Gases. Bezeichnet man demnach den Rauminhalt des Luftballons mit V, das dem spezifischen Gewicht des Steinkohlengases von 0,45 entsprechende Gewicht eines Kubikmeters Gas mit 0,58, ferner das Gewicht eines Kubikmeters Luft mit 1,295 kg, so ist der Auftrieb des Ballons

$$V \cdot 1{,}295 - V \cdot 0{,}58 = V\,(1{,}295 - 0{,}58) = V \cdot 0{,}715 \text{ kg}.$$

Diese Zahl bezieht sich auf die Temperatur 0° und mittleren Barometerstand von 760 mm; bei anderen Temperaturen und anderem Luftdruck ist die Zahl verschieden, was sich namentlich beim Erheben des Luftballons zu größeren Höhen zu erkennen gibt. In der Höhe des Montblanc (4810 m), wo nur beiläufig halber Luftdruck herrscht, ist der Auftrieb bei 0° nur halb so groß.

Je geringer das spezifische Gewicht des zur Füllung verwendeten Gases ist, um so größer ist die Tragfähigkeit des Ballons. In dieser Beziehung würde sich das Wasserstoffgas am geeignetsten erweisen zur Füllung von Luftballons, da es von allen Gasarten, wie überhaupt allen Körpern, das geringste Gewicht (0,0896, Luft = 1) besitzt. Es ist also beispielsweise nur etwa $^1/_5$ so schwer wie gewöhnliches Steinkohlengas. Dennoch verwendet man das letztere zu dem angedeuteten Zwecke fast ausschließlich, da es überall leicht zu haben und verhältnismäßig billig ist. Die schwereren Leuchtgase, wie Holzgas und Oelgas, deren spezifisches Gewicht mindestens 0,7 ist, wird man zur Füllung der Luftballons kaum verwenden.

A. Die Beleuchtungskörper.

a) Einfache Brenner. Die Gestalt der Flamme, welche das aus einer Oeffnung einer Leitung strömende Gas erzeugt, hat bedeutenden Einfluß auf ihre Leuchtkraft; so gibt eine massive, runde Flamme weniger Licht, als eine breite, fächerförmige Flamme. Das auf der Leitung befestigte besondere Organ, aus welchem das Gas ausströmt und welches maßgebend für die Gestalt der Flamme ist, wird Brenner genannt.

Als Grundlage zu dem Vergleich der mit verschiedenen Brennern erzielten Lichtstärken dient die photometrische Messung, mittels welcher die Wirkung jeden Brenners bei gewissem Gasverbrauch festgestellt werden kann. Es ist Sache des Konstrukteurs von Gasbrennern zu ermitteln, bei welchem Gasverbrauch ein Brenner die relativ höchste Lichtwirkung erzielen läßt. Dieses Verhältnis ist ein veränderliches sowohl bei Anwendung verschiedener Brennerkonstruktionen als auch bei verschiedenen Gasarten (Steinkohlengas, Oelgas 2c.), und es muß daher bei der Wahl eines geeigneten Brenners

llen diesen Gesichtspunkten [illegible]
nit rationeller Anwendung des [illegible]

Das aus einem [illegible]
reite, im Horizontal[illegible]
Wie die Lichtmessung [illegible]
raft. Die ursprünglichen [illegible]
etreffenden Brenner [illegible]
zeichnet. Heute verwendet man [illegible]
z. B. in Cigarrenläden zum [illegible]
ganz aus Metall gefertigt [illegible]
öffnung von etwa $^3/_4$ mm [illegible]

Bei breiterer [illegible]
größerer Höhe an zu [illegible]
Luft vom Zutritt zur Flamme [illegible]
brennung ein und ist man [illegible]
schon frühzeitig dazu übergegangen [illegible]
feinen Spaltes zu geben [illegible]
Flamme erhalten wird. [illegible]
maus-Brenners — letztere [illegible]
wird durch Fig. 2 u. 3. [illegible]
kopf (Fig. 3) besteht [illegible]
kegelförmigen Körper, [illegible]
den Scheitel des Kopfes [illegible]
seinem unteren Ende wird [illegible]

In neuerer Zeit werden [illegible]
stein geschnitten in der Form, [illegible]
besitzen gleichfalls ein leichtes [illegible]
direkt auf den Gasarm aufgesetzt [illegible]
eine Messingfassung eingekittet. [illegible]
Brennerkopf mittels Gewindes [illegible]
den Leuchter aufgeschraubt. [illegible]
Fledermausbrenner gebildeten Flamme [illegible]

Zur Ermittelung der günstigsten [illegible]
Brenneröffnung an Schnittbrennern [illegible]
Auftrage der französischen Regierung [illegible]
Dieselben beschränken sich indessen [illegible]
kohlengas. Es ergab sich, daß [illegible]
wirkung zu erzielen ist bei einer [illegible]
dann aber noch die Länge des Spaltes [illegible]
stimmten Verhältnissen des Gasdruckes [illegible]
in einer gegebenen Zeit die günstigste [illegible]
gelangen in dem folgenden zum Ausdruck [illegible]
in der Stunde soll die Schnittlänge [illegible]
und für 200 bis 250 l 8 bis 8,5 mm.

Es sei nochmals betont, daß diese [illegible]
gasbrenner Geltung haben; andere Gasarten [illegible]
abweichenden spezifischen Gewichte, wie [illegible]
andere Abmessungen. Pettenkofer war der erste, [illegible]
ziehungen aufmerksam gemacht hatte und zwar [illegible]
um die Einführung des von i[illegible]ndenen [illegible]

Gasart zeichnet sich gerade aus durch ihr verhältnismäßig hohes spezifisches Gewicht; dasselbe beträgt bekanntlich etwa 0,7, während Steinkohlengas ein spezifisches Gewicht von meist weniger als 0,5 besitzt; ersteres ist demnach beinahe 1½ mal so schwer, wie letzteres. Dieser Unterschied macht sich auch bemerklich, wenn man die beiden Gasarten aus Steinkohlengasbrennern derselben Sorte ausströmen läßt. Während nämlich Steinkohlengas eine ruhige, feste Flamme gibt, ist diejenige des Holzgases unruhig, flackernd, und sie leuchtet nur schwach, weil hier das ausströmende Gas infolge seiner Schwere nicht in demselben Maße in der umgebenden Luft aufzusteigen strebt, wie das leichtere Steinkohlengas, sondern von derselben gewissermaßen niedergedrückt und in seiner Bewegung aufgehalten wird. Dabei vermischt sich denn auch das ausströmende Holzgas teilweise mit der Luft, weshalb es mit nur schwach leuchtender Flamme brennt.

Um diesem Mißstande zu begegnen, hat man den Holzgas-Schnittbrennern eine weite Ausströmungsöffnung gegeben, so daß ein breiterer Gasstrom in die Luft eintritt, welchen die letztere nicht so rasch zu durchdringen vermag. Unter diesen Bedingungen erhält man auch mittels Holzgas eine hellleuchtende Flamme, deren Lichtstärke sich nach genauen Messungen zu derjenigen des Steinkohlengases wie 6 : 5 verhält.

In ähnlicher Weise hat man auch bei Oelgas auf dessen spezifisches Gewicht Rücksicht zu nehmen bei der Wahl der geeigneten Brenner; in Bezug auf die Ausströmungsöffnung werden dieselben die Mitte zu halten haben zwischen den für Steinkohlengas und Holzgas üblichen Brennern.

Eine ähnliche und weniger breite, dafür mehr hohe Flamme gibt der Zweiloch- oder Fischschwanzbrenner, wie die Fig. 7, Taf. 26, zeigt. Die Konstruktion des sowohl aus Metall wie aus Speckstein bestehenden Brenners geht besonders aus Fig. 8, Taf. 26, hervor. Der Kopf des Metallbrenners a ist nach oben durch eine starke Platte abgedeckt. In dieser befindet sich eine Vertiefung, in welcher zwei enge Kanäle derartig ausmünden, daß sie unter einem Winkel von etwa 90° einander gegenüberstehen. Indem das aus diesen beiden Oeffnungen kommende Gas ausströmt, stoßen die Flammen aufeinander und breiten sich, senkrecht dagegen, zu einer Fläche aus, welche die Form der Flamme bildet.

Fig. 9, Taf. 26, zeigt den Brennerkopf in Speckstein ausgeführt; es wird ihm in dieser Form eine Messingfassung gegeben.

Bezüglich der am günstigsten wirkenden Dimensionen der Fischschwanzbrenner ergab sich eine höchste Leuchtkraft für einen stündlichen Verbrauch von 200 l Gas bei 1,7 bis 2 mm Brennerweite, für 100 bis 150 l bei einer solchen von 1,5 mm.

Verbesserungen des Fischschwanzbrenners gingen dahin, den Druck des austretenden Gases durch in den Brennerkopf eingelegte feine Siebe zu vermindern, wodurch thatsächlich eine höhere Leuchtkraft des zur Verbrennung gelangenden Gases erzielt wird. Indessen besitzt die so erhaltene Flamme nicht die nötige Straffheit, sie flackert und gibt ein unruhiges Licht, wenn sie nicht durch eine Glocke besonders geschützt wird.

Ein anderes Verfahren, die Leuchtkraft des Gases beim Fischschwanzbrenner zu vergrößern, besteht in der Einführung eines Metallplättchens in diejenige Stelle der Flamme, an welcher sich die aus den beiden Löchern austretenden Gasstrahlen gerade treffen. Hierdurch wird gleichfalls die Ge-

schwindigkeit des Gasstromes verringert, die Leuchtkraft soll um ein beträchtliches vermehrt werden.

Bezüglich der unter dem Namen der Flachbrenner zusammengefaßten Fledermaus- oder Schnittbrenner und der Zweiloch- oder Fischschwanzbrenner ist noch zu bemerken, daß sich ihr Nutzeffekt bei verschiedenem Gaskonsum nur unwesentlich verändert; die Leuchtwirkung ist annähernd proportional der jeweils verbrannten Gasmenge.

Eine der wichtigsten Sorten einfacher Beleuchtungsapparate bilden die Rundbrenner oder Argandbrenner (nach dem Namen des Erfinders der Erdölrundbrenner); verschiedene Formen derselben sind durch Fig. 10 bis 18, Taf. 26, dargestellt*). Der wesentlichste Teil des Apparates, der röhrenförmige Brennerkopf, immer aus Speckstein, wird durch Fig. 19, Taf. 26, veranschaulicht. Das Ringstück hat von unten seinen Gaszutritt, oben strömt das letztere aus einem Kranze von nebeneinander gereihten kleinen runden Löchern aus, die so nahe aneinander stehen müssen, daß die einzelnen Flämmchen zu einem geschlossenen Ring sich vereinigen. Der Brennerkopf wird in eine Metallfassung eingekittet, welche die Verbindung mit den übrigen Armaturstücken des Brenners zu vermitteln hat; er sitzt damit entweder unmittelbar auf der Gaszuleitung auf, oder er empfängt aus der letzteren Gas durch zwei bis drei dünne Röhrchen, die als kurze Arme den Brennkopf halten, zwischen sich die Luft hindurchlassend, welche innen im Rundbrenner emporsteigt.

Sowohl die innere als auch die äußere an die Flamme geführte Luft wird mittels aufgesetzten Cylinders in starkem Zuge aufwärts geführt. Dies ist unbedingt erforderlich, weil die Flamme des Argandbrenners sonst nicht die genügende Steifheit besitzt und flackert. Zum Festhalten des Cylinders trägt die Metallfassung des Brenners eine Galerie aus Messing mit federnden Zacken.

Bei vielen Konstruktionen findet man ferner auf der Galerie einen aus Blech gearbeiteten Kegel mit abgeschnittener Spitze aufgesetzt, welcher den Brennerkopf umgibt. Man erreicht durch diese Vorrichtung, daß die von außen kommende Luft vollständiger an die Flamme gelangt und nicht an derselben vorbeiströmt (vergl. Fig. 12, 13, 14, 15, 17, 18).

Eine hiervon abweichende Anordnung zeigt beispielsweise Fig. 11. Hier wird die äußere Luft dem Brenner durch einen unmittelbar vor der Messingfassung aus sich erhebenden Blechkorb hindurch, in welchem Schlitze eingestanzt sind, zugeführt. Dieser Korb trägt an seinem oberen Ende die Vorrichtung zum Festhalten des Cylinders. Ein ähnlicher Korb umschließt den unteren Teil des Brenners, beziehungsweise die Röhrenarme, welche das Gas nach dem Brennerkopf führen. Hier tritt die Luft nach dem inneren Teil des letzteren ein. Von ähnlicher Bauart ist der Brenner Fig. 16.

Bestimmte Beziehungen zwischen stündlichem Gasverbrauch, beziehungsweise Gasdruck, und den Dimensionen des Brenners selbst sind auch hier, wie bei den anderen bereits behandelten Brennerkonstruktionen, maßgebend für deren beste Nutzwirkung.

Rüdorff hat zur Untersuchung der üblichen Formen von Argandbrennern die von denselben bei verschiedenem Gasverbrauch entwickelten Lichtstärken verglichen. Die oben besprochene Brennkonstruktion Fig. 11 z. B. ergab dabei unter ganz bestimmten Größenverhältnissen ihrer einzelnen Teile:

*) Journ. f. Gasb. 1882.

Stündlicher Gasverbrauch	Lichtstärke in Kerzen	1 Kerze durch	Stündlicher Gasverbrauch	Lichtstärke in Kerzen	1 Kerze durch
50 l	1,8	27,7 l	138 l	15,6	8,8 l
56 l	2,6	21,5 l	142 l	16,2	8,7 l
76 l	5,5	13,8 l	150 l	17,7	8,4 l
95 l	8,2	11,5 l	155 l	18,7	8,2 l
98 l	8,6	11,4 l	161 l	19,8	8,1 l
115 l	11,9	9,7 l	172 l	21,5	8,0 l

Man sieht also, daß die absolute Lichtstärke stetig zunimmt mit der Steigerung des Gasverbrauchs, oder, was dasselbe ist, mit der Druckvermehrung. Aber auch die relative Lichtmenge nimmt unter diesen Bedingungen ganz erheblich zu, wie aus den Zahlenwerten hervorgeht, welche man durch Division der gefundenen Kerzenstärken in die entsprechende Literzahl des Gasverbrauchs erhält, wodurch man also die zur Hervorbringung der Leuchtkraft von 1 Kerze erforderliche Gasmenge erfährt. Eine derartige relative Zunahme der Lichtstärke mit wachsendem Gasverbrauch wird aber stets mit einer gewissen Grenze ihr Ende erreichen; die Nutzwirkung mit ein und demselben Brenner ist von hierab keiner nennenswerten Steigerung mehr fähig, wiewohl man eine erhöhte Leuchtwirkung durch Steigerung des Gasdruckes immer noch ohne Nachteil der besten Nutzwirkung erlangen kann.

Für die Praxis von großem Wert sind nun die Ergebnisse, welche Rüdorff in Bezug auf die besten Nutzwirkungen von Brennern verschiedener Systeme durch seine Untersuchungen ermittelt hat. Dieselben führten zur Konstruktion derselben Brenner, welche Fig. 11 bis 18, Taf. 25, abgebildet sind. Nachfolgend sind dieselben, mit I bis X bezeichnet, unter Angabe ihrer Abmessungen in Millimetern angeführt.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Gesamthöhe des Brenners	72	73	59	55	51	52	58	60	70	72
Höhe des Brennerkopfes über der Messingfassung	34	28	23,5	20	2	2	21	22	18	16
Aeußerer Durchmesser des Brennerkopfes . . .	23	21	24	24	25	25	24	26	24	21
Innerer Durchmesser desselben	12	10,5	13,5	12,5	17	17	12,5	14,5	16	13,5
Durchmesser des Lochkreises	17,5	15,5	19	18,5	22	22	19	21,5	21	18
Durchmesser der Löcher .	0,7	0,6	0,7	0,7	1	0,9	0,7	0,8	1,3	1,3
Anzahl der Löcher . .	32	24	32	32	36	36	32	40	30	24

Bezüglich der Ausstattung dieser Brenner ist weiter nichts zu bemerken, was für die Charakterisierung derselben als Rundbrenner von Belang wäre. Die Konstruktion V ist mit einer Hebelvorrichtung zur Regulierung des Gaszuflusses ausgestattet. Zum Vergleich ihrer Helligkeit wurden die Flammen der bezeichneten Brenner bei verschiedenem Gasverbrauch beobachtet, und es ergaben sich dabei die in der folgenden Tabelle zum Ausdruck gelangenden Verhältnisse:

Stündlicher Verbrauch	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch	Kerzen	1 Kerze durch
l		l		l		l		l		l		l		l		l		l		l
50	1,8	27,7	0,4	125	0,9	55,5	—	—	—	—	—	—	2,1	24	—	—	—	—	—	—
60	2,6	21,5	1,4	43	1,8	33,3	1,6	37,5	1,5	40	1,5	40	3,3	18,2	1,5	40	—		—	—
70	4,7	14,9	2,6	26	3,4	20,6	2,7	25,9	2,3	30	2,6	27	4,7	15	2,4	29	—	—	0,9	77
80	6,1	13,1	3,9	21	4,8	16,6	3,8	21,0	3,2	25	3,8	21	6,3	12,7	3,7	21,6	1	80	2,5	32
90	7,5	12,0	5,1	17	6,3	14,3	5,5	16,4	4,2	21	5,0	18	8	11,2	5,3	17	2,1	43	4,1	22
100	9,0	11,1	6,5	15	7,9	12,6	7,5	13,3	5,5	18	6,2	16	9,8	10,2	7,1	14,1	3,3	30,3	5,7	17,5
110	10,9	10,1	7,9	14	9,5	11,5	9,5	11,6	6,9	16	7,4	14,8	11,6	9,5	8,9	12,3	4,9	22,5	7,7	14,3
120	12,8	9,4	9,6	12,5	11,0	10,9	11,6	10,4	8,3	14,4	8,6	13,9	13,3	9	10,7	11,2	6,7	17,9	9,5	12,9
130	14,4	9,0	11,3	11,5	12,7	10,2	13,3	9,9	9,8	13,3	10,2	12,7	15	8,7	12,4	10,5	8,8	14,7	11,6	11,2
140	15,9	8,8	13,4	10,5	14,4	9,7	15,1	9,2	11,6	12	11,8	11,8	16,6	8,4	14	10	11,1	12,6	13,7	10,2
150	17,7	8,4	15,8	9,5	16,1	9,3	16,8	8,9	13,2	11,4	13,2	11,4	18,1	8,2	15,7	9,5	13,4	10,9	15,8	9,5
160	19,6	8,1	18,2	8,8	17,8	8,9	18,5	8,6	14,8	10,8	14,8	10,8	19,6	8,1	17,3	9,2	15,5	10,3	17,9	8,9
170	21,3	8,0	—	—	19,5	8,7	20,2	8,4	16,7	10,2	16,4	10,5			18,9	9	17,5	7,7	20	8,5
180	—	—	—	—	21,1	8,5	21,4	8,4	18,5	9,7	18,8	10	.		20,5	8,8	19,5	9,2	22,1	8,1
190	—	—	—	—	22,5	8,4	—	—	20,4	9,3	19,7	9,6					21,7	8,7	24	7,9
200	—	—	—	—	23,7	8,4	—	—	22,1	9	21,4	9,2	.				23,4	8,5	25,1	7,9
210	—	—	—	—	25,1	8,3	—	—	23,4	8,9	23,3	9					24,7	8,5		
220	—	—	—	—	—	—	—	—	24,7	8,8	24,6	8,9	.	.			26,4	8,3	.	
230	—	—	—	—	—	—	—	.	.	—	25,4	8,9	.	.			27,8	8,2	.	

Aus diesen Ergebnissen folgt ohne weiteres die praktische Nutzanwendung, daß es nicht gleichgültig ist, welche Brennerkonstruktion man für einen bestimmten stündlichen Gasverbrauch (entsprechend dem Gasdruck) wählt, wenn man die relativ höchste Nutzwirkung damit erzielen will.

Der Argandbrenner gibt bloß bei einem gewissen größten Gasverbrauch ökonomisches Licht; wird derselbe durch Kleinstellen des Hahnes vermindert, so nimmt die Helligkeit in weit größerem Verhältnis ab. Es wäre daher nicht zu empfehlen, durch Kleinstellen der Flamme dasselbe Licht erzeugen zu wollen, welches man durch einen angemessenen kleineren Brenner erhalten würde.

Interessant in dieser Beziehung ist ein Vergleich zwischen Rundbrenner und gewöhnlichem Schnittbrenner. Verringert man bei letzterem den Gasaustritt durch teilweises Zudrehen des Hahnes, so erhält man eine kleinere Flamme, ohne daß jedoch die relative Helligkeit des Lichtes eine Einbuße erlitte; die Flamme wird nur unruhig, flackernd und dadurch unangenehm für das Auge. Dagegen brennt die Argandflamme bei vermindertem Gaszutritt ebenso ruhig wie vorher. Ihr Helligkeits-Nutzeffekt zeigt sich jedoch um ein erhebliches vermindert; dem halben Gasverbrauch entspricht beispielsweise nur noch ein Drittel, dem Viertel-Gasverbrauch nur noch ein Achtel der Helligkeit. Dies muß als ein Nachteil des Argandbrenners erscheinen, wenn man in Erwägung zieht, daß oftmals eine Kleinstellung der Flamme erwünscht ist, namentlich im Haushalte aus Sparsamkeitsrücksichten. Meidinger hat auf die gezeigte Erscheinung zuerst hingewiesen und Mittel zu ihrer Abhilfe angegeben.

Der Grund der so rasch verminderten Helligkeit beim Zustellen des Gashahns liegt darin, daß eine im Verhältnis zur Flamme zu große Luftmenge in den Cylinder emporsteigt, wodurch eine teilweise Entleuchtung eintritt, wie auch an dem Blauwerden der Flamme an deren unterem Teil zu erkennen ist. Setzt man einen kürzeren Cylinder auf, welcher geringeren Zug bewirkt, so kann das richtige Verhältnis der Luftzufuhr wieder hergestellt und eine hellere Flamme erzielt werden. Dasselbe läßt sich auch erreichen durch teilweises Bedecken der oberen Cylinderöffnung mittels einer Scheibe. Durch die Verengerung des Austritts findet eine Stauung der Verbrennungsprodukte und damit rückwirkend verminderter Zugang der Luft zu der Flamme statt. Besser noch ist es, den Lufteintritt von unten in den Cylinder zu beschränken. Meidinger hat hierfür eine Konstruktion angegeben, die Fig. 20 und 21, Taf. 26, abgebildet ist. Eine unterhalb des Brennerkopfes in der Richtung dessen Längsachse angeordnete Schraubenspindel trägt eine in der Mitte mit Mutter versehene Scheibe, die sich auf der Spindel auf- und abwärts drehen läßt; mit derselben kann man den inneren Durchlaß des Rundbrenners für die Luft verengern oder auch gänzlich absperren. Bei einer beliebigen Kleinstellung des Gashahns hat man es nun in der Hand, durch geeignete Drehung der genannten Scheibe den Luftzutritt zur Flamme derart zu regulieren, daß eine günstigste Helligkeit erzielt wird, was durch Schätzung mittels des Auges unschwer zu bewirken ist. Durch Beschränkung des Luftzutritts wird die Flamme länger und geht mehr ins Gelbe über. Der Lichtgewinn ist ganz auffallend, doch kann man nur bis zu einem gewissen Grad den Luftspalt verengern, da sonst die Flamme rot wird, rußt und die Helligkeit auch wieder sich vermindert.

Nachstehend ist eine Tabelle mitgeteilt, welche zeigt, in welcher Weise sich ein Argandbrenner bestimmter Konstruktion (mit Brennerkopf von 32 Löchern und 25 cm Cylinderhöhe) hinsichtlich der Helligkeit der Flamme verhielt bei verschiedenem Gaskonsum unter Anwendung von Meidingers Regulator und Weglassung desselben (Bad. Gew.-Ztg. 1869).

Lichtstärke in Kerzen	A Stündlicher Gasverbrauch ohne Regulator	B Stündlicher Gasverbrauch mit Regulator	Lichtstärke pro 100 l Gas	Ersparnis von B gegen A
1	70,3 l	42,5 l	2,3	40 %
4	111 l	81,4 l	4,9	25 %
9	172,8 l	148 l	6,1	8 %
16	244,2 l	244,2 l	6,7	0 %

Aus obigem geht hervor, daß bei höchstem Gasverbrauch, dem eine Licht-
ärke von 16 Kerzen entspricht, der Regulator ohne Einfluß ist; je kleiner
igegen die Flamme gedreht wird, bis zu einer Kerzenstärke herunter, um
mehr gelangt der damit bewirkte Vorteil zur Geltung.

Lampenglocken. Die frei brennende oder mit durchsichtigem Glas-
linder umgebene Gasflamme wird beim unmittelbaren Anblick vom Auge
ıangenehm empfunden, es tritt bald eine Ermüdung der Augen ein, be-
nders wenn dieselben ohnedies durch Lesen oder Schreiben in Anspruch
nommen sind. Man umgibt daher in den meisten Fällen die Flammen
it Glocken, welche das Licht beim Durchlasse zerstreuen und dadurch an-
nehmer erscheinen lassen; man sagt das Licht sei gedämpft. Die Glocken
ıd entweder aus gefärbtem, mattem oder Milchglas hergestellt. Man gibt
nen in der Regel eine kugelige Form mit zwei sich parallel liegenden aus-
schnittenen Segmenten, so daß ein Ringstück übrig bleibt, mit welchem die
lamme umgeben wird. Eine andere, indessen nur für Lampen mit Cylinder ge-
äuchliche Form ist den Glocken gewöhnlicher Petroleumlampen nachgebildet,
n umgekehrter Trichter, durch dessen engere Oeffnung der Cylinder hin-
ırchgeführt ist.

Die Dämpfung des Gaslichtes mittels aufgesetzter Glocken ist keines-
egs der Zerstreuung des Lichtes allein zuzuschreiben, vielmehr rührt dieselbe
ilweise von einer Absorption des Lichtes durch das Material der Glocke
r, und kann dieser Verlust je nach der Beschaffenheit der Glocke ein ganz
heblicher werden. Nach Versuchen der photometrischen Anstalt der Firma
. Siemens & Komp. in Berlin ergaben sich beim Vergleich des Licht-
ırchganges durch verschiedene Sorten Gläser die folgenden Verluste an
cht:

1. einfaches mattes Glas . . . . 27 Prozent,
2. Kathedralglas von etwas grünlicher Färbung . 12,5 „
3. „ „ weißer Färbung . . . . 12,6 „
4. einfaches weißes rheinisches Doppelglas . . 10 „
5. einfaches dünnes Spiegelglas . . . . . 10 „
6. die unter 4 und 5 genannten Gläser zusammen 21 „
7. Kathedral- und rheinisches Doppelglas zusammen 23 „
8. eine matte Glasscheibe mit gemaltem Stern zusammen mit weißer Dachscheibe (letztere bestaubt), beide aus dem Oberlicht eines in Benutzung befindlichen Saales . . . . . 60 „
9. eine neue, nicht bestaubte, matte Glasscheibe ohne Stern zusammen mit der bestaubten weißen Glasscheibe des vorigen Versuchs . . . . 40 „

Die Verbindung der Glocke mit dem Brenner erfolgt durch an der Metallfassung des letzteren angebrachte oder auf sonstige Weise mit dem Brenner verbundene Stege, deren es drei sind. Die Stege sind an ihren Enden aufgebogen, wodurch sie einen Haken bilden, welcher die Glocke festhält. In der Regel ist dann in der hakenförmigen Krümmung eines oder aller drei Stege eine Schraube angebracht, mittels welcher die Glocke noch besonders festgehalten werden kann. Man hat auch die Einrichtung getroffen, daß sich die Stege ausziehen lassen, um sie verschiedenen Größen der Glocken stets anpassen zu können.

b) Intensivlampen. Die bisher in Betracht gezogenen Brennerkonstruktionen genügen dem Bedürfnis, einzelne Flammen von beschränkter Lichtstärke — bis etwa 25 Kerzen — zu besitzen, und man geht über diese Grenze nicht hinaus, da sich solches als unthunlich erwiesen hat. Soll ein größerer Raum gleichmäßig hell erleuchtet werden, so bewirkt man das im allgemeinen durch Anwendung einer Anzahl einfacher Brenner an mehr oder weniger gleich weit voneinander entfernten Orten. Unter Umständen ist es nun erwünscht, die von einer so großen Anzahl von Brennern entwickelten Verbrennungsprodukte und die Wärme als belästigend aus dem Raume zu entfernen. Dies kann in der Weise bewerkstelligt werden, daß man die Einzelflammen eines größeren Beleuchtungsgebietes an einem einzigen Punkte vereinigt, in welchem Falle die heißen Verbrennungsgase durch einen Schlot leicht abgeleitet werden können. Man hat zu diesem Zwecke besondere Beleuchtungsapparate gebaut, gemeinhin Intensivlampen genannt, die im wesentlichen bestehen aus einem oder mehreren Kränzen von gewöhnlichen oder Argandbrennern.

Sonnenbrenner. Ein derartiger Apparat ist der sogenannte Sonnenbrenner, Fig. 22, Taf. 26*), aus einzelnen Schnittbrennern zusammengesetzt. Die Spalten der Brenner liegen sämtlich in einer wagerechten Ebene, so daß sich auch die Flammen in dieser Ebene ausbreiten. Bezüglich der Konstruktion der Lampe ist als bemerkenswert hervorzuheben, daß die Zuleitung des Gases nach der Flamme von der Gasleitung aus durch mehrere nach abwärts gerichtete Zweigröhren vermittelt wird. Diese endigen sämtliche in ein und derselben Ebene, eine Dolde bildend. Das Ende jeder Zweigröhre trägt eine Kapsel, in deren Umfang jeweils mehrere einzelne Schmetterlingsbrenner angeschraubt sind, so daß sie die oben bezeichnete Lage einnehmen.

Der Sonnenbrenner entwickelt eine große Hitze, die gerade da, wo solche Beleuchtungsapparate angebracht werden, in Theatern, Sälen u. s. f. in äußerst unangenehmer Weise zu empfinden sein wird, wollte man nicht durch sofortigen Abzug der heißen Verbrennungsgase diesem Mißstande vorbeugen. Man erreichte dies bei der vorliegenden Konstruktion in einer ausgezeichneten Weise, indem man den Brenner mit einer Vorrichtung verband, welche nicht nur die Verbrennungsgase zu beseitigen, sondern noch ein übriges im Hinblick auf die Ventilation des beleuchteten Raumes zu leisten geeignet ist. Zu dem Ende bringt man zunächst den Brenner unmittelbar unter der Decke des zu beleuchtenden Raumes an, ja, man baut ihn teilweise in den

*) Schilling, Handb. f. Gasbel.

Plafond hinein, wobei natürlich wegen der entwickelten Hitze auf naheliegendes Holzwerk in gebührender Weise Rücksicht zu nehmen ist.

Unmittelbar über dem Brenner befindet sich ein trichterförmiger Abzug a, welcher gleichzeitig als Reflektor für das nach oben strahlende Licht dient. Er ist zu dem Zwecke innen weiß emailliert. Der kurze Rohransatz des Reflektors endigt in einem weiteren Blechmantel b, welcher sich nach unten trichterartig erweitert, nach oben sich als ein Rohr bis über das Dach des Hauses oder auf einem sonstigen Wege ins Freie fortsetzt. Indem die hocherhitzte Verbrennungsluft der Lampe durch diesen Kamin abzieht, bewirkt sie daselbst einen starken Zug, der auf die Ventilation des Raumes von günstigem Einfluß ist, indem die warme und teilweise verdorbene Luft an der Decke fortwährend abgesaugt wird.

Uebrigens läßt man die Verbrennungsprodukte nicht ausschließlich in dem inneren Teile des Abzuges emporsteigen. Man vermindert vielmehr durch teilweise Absperrung des Rohrstutzens mittels einer in derselben angebrachten Drosselklappe d den Zug, damit die Flamme des Sonnenbrenners nicht nach oben gezogen werde, sondern sich mehr flach ausbreite. Dies kann aber nur erfolgen, wenn innerhalb des Reflektors eine Stauung der Verbrennungsgase erfolgt, was eben durch die Verengerung des Abzuges mittels der Klappe möglich ist. Ein Teil der Verbrennungsgase wird in diesem Falle um den unteren Rand des Reflektors herum sich nach dessen äußerem Mantel begeben und erst hier abziehen.

Stotts Reflexlampe. Dem beschriebenen Sonnenbrenner seiner Wirkungsweise nach nahe verwandt ist die Intensivlampe von James Stott, von diesem als Reflexlampe bezeichnet. Dieselbe, durch Fig. 23, Taf. 26, in ihrer einfachsten Form dargestellt, erhält das Gas, wie der Sonnenbrenner, von oben. Charakteristisch für die Lampe ist der oben geschlossene, halbkugelförmige Reflektor, durch dessen Scheitelpunkt die Gaszuführung hindurch geht. Diesem Rohr ist eine unverhältnismäßig große Weite gegeben, um dem Gas Gelegenheit zu geben, sich durch die Hitze der nach oben strahlenden Flammen vorzuwärmen, wodurch die Leuchtkraft erhöht werden soll. Wir begegnen hier bereits der Verfolgung eines Prinzips, welches in der Konstruktion der sogenannten Regenerativ-Gasbrenner (s. diese) in vollendeter Weise ausgesprochen ist. Das untere Ende des Gaszuführungsrohres trägt einen Kopf, in welchen im Kreise herum eine Anzahl kurzer Röhren mit je einem gewöhnlichen Specksteinbrenner eingeschraubt sind. Die Brenner sind in schräger Lage nach aufwärts gerichtet. Die Flammen folgen der Zugrichtung über den Rand des Reflektors nach oben und bilden einen ruhigen, steifen Flammenkranz, wie er aus der Abbildung zu erkennen ist.

Die Stottsche Lampe wird je nach Bedarf geliefert in einer Ausstattung mit 6 bis 16 Brennern. Sie empfiehlt sich ihrer außerordentlichen Einfachheit und Billigkeit wegen zur Beleuchtung von Korridoren, Gefängnissen u. s. f.; für geschlossene Räume jedoch nur dann, wenn sie mit einem besonderen Abzuge versehen ist, welcher die heißen Verbrennungsgase aus dem Raume entfernt, ähnlich wie bei dem beschriebenen Sonnenbrenner. Aber selbst unter dieser Bedingung strahlt die Stottsche Lampe infolge des konkaven Reflektors noch so viele Wärme auf die gerade darunter befindlichen Personen, daß dieselbe zur Anwendung in Bibliotheken, Lesezimmern, Trinklokalen u. s. f. nicht wohl in Anwendung zu bringen ist. —

Auch für den besonderen Zweck der Straßenbeleuchtung hat man das Prinzip der Intensivlampen in mehreren neueren Konstruktionen in Anwendung gebracht. Gemeinsam ist denselben, entgegen den beiden zuletzt besprochenen Lampen, die Gaszuführung von unten; ferner gibt man den Flammen, die durch Kombination mehrerer Schmetterlingsflammen gebildet werden, nicht wagerechte Lage, sondern läßt sie in Form eines stehenden Cylinders oder mehr in Tulpenform sich entwickeln. Eine Reihe derartiger Lampen, die sich besonders in Frankreich entwickelt haben, sollen im Hinblick auf ihre oft recht sinnreiche Anordnung im nachstehenden besprochen werden; dieselben sind durch Körting bei uns näher bekannt geworden und von demselben im „Journal für Gasbeleuchtung", Jahrg. 1882, ausführlich beschrieben.

Lampe der Compagnie Parisienne. Dieselbe ist in der Querschnittzeichnung Fig. 24, Taf. 26, dargestellt. Die Gesamtanordnung besteht im wesentlichen aus einem Kranz von Schmetterlingsbrennern, welche derart auf einen Röhrenring aufgeschraubt sind, daß ihre Einschnitte tangential zu dem so gebildeten Kreise liegen. Der letztere besitzt einen Durchmesser von 15 cm. Die Flammen vereinigen sich zu einem zusammenhängenden Cylinder oder Schlauch. Jeder Brenner empfängt das Gas durch einen Röhrenarm, auf dessen Ende er aufgeschraubt ist. Die sechs Arme vereinigen sich in dem gemeinsamen Gaszuführungsrohr.

Es ist nun die Einrichtung getroffen, daß der Brenner entweder zur Erreichung einer lebhaften Beleuchtung ganz in Thätigkeit gesetzt oder daß bloß eine einzige Flamme unterhalten werden kann. Diese letztere wird entwickelt auf einem besonderen Brenner c, welcher sich über den eigentlichen Intensivbrenner erhebt und mit der Gaszuführung des letzteren nicht direkt im Zusammenhang steht. Unabhängig von diesem System wird noch ein dritter Brenner mit Gas gespeist; er hat die Zündflamme zu liefern, durch welche der Beleuchtungsapparat unterhalten werden soll, ohne daß ein jedesmaliges Oeffnen der Lampe besonders erforderlich wäre. Der hierzu dienende Brenner d ist als Einlochbrenner konstruiert; die dünne, lange Flamme, welche er liefert, mündet in wagerechter Richtung über einem der sechs Brenner aus; gegen das Verlöschen durch Luftzug wird sie durch einen übergedeckten Schirm noch besonders geschützt.

Ein gemeinschaftlicher Dreiwegehahn b hat je nach Bedarf entweder nur die Zündflamme oder die einzelne Flamme oder den Flammenkranz mit Gas zu versorgen. Die Zündflamme brennt nämlich allein, wenn dem Dreiwegehahn eine bestimmte Stellung nach einer Seite gegeben ist. Dieser Zustand wird tagsüber innegehalten.

Zur Erreichung der vollen Abendbeleuchtung wird der Hahn senkrecht gestellt. Jetzt empfängt der Brennerkranz Gas, dasselbe entflammt beim Ausströmen an der Zündflamme, während die letztere selbst erlöscht. Soll zu späteren Abendstunden, etwa um Mitternacht, der Gasverbrauch verringert werden, so wird der Hahn nach der anderen Seite gedreht, wodurch die Flamme des einzelnen Brenners c entwickelt wird, indem sich das ausströmende Gas an dem großen Flammenkranze entzündet. Der letztere selbst verlischt gleichzeitig.

Besondere Sorgfalt ist bei der vorliegenden Konstruktion auf die Art der Luftzuführung verlegt worden. Um die Verbrennungsluft von innen wie von außen in scharfem Zuge gegen die Flamme anstreichen zu lassen, ist

unterhalb des Röhrenkranzes der doppelte Mantel g, h angeordnet, welcher nach unten durch das Drahtsieb f abgeschlossen ist. Der Mantel ist aus Glas gefertigt, damit möglichst wenig Licht nach unten abgehalten werde. Der innere Teil h reicht nicht so hoch wie der äußere, sondern nur bis an die Arme der Brenner a; durch einen kurzen Cylinder e aus Glimmer, welcher die Brennerarme durchläßt, wird er fortgesetzt. Die Luft gelangt durch das Drahtsieb f hindurch sowohl in den inneren wie in den äußeren Cylinder; indem sie in beiden aufsteigt, streicht sie beim oberen Austritt an die Flamme der Brenner von beiden Seiten, wie dies durch die Richtung der Pfeile angedeutet ist.

Der beschriebene Intensivbrenner verbraucht 1400 l Gas die Stunde. Er entwickelt durch deren Verbrennung eine Leuchtkraft von 120 Kerzen, wonach 1 Kerzenstärke durch 11,7 l Gas erreicht wird.

Kleinere Formen dieser Brennerkonstruktion mit nur 5 Brennerarmen ausgestattet, sind auf einen Verbrauch von 850 l Gas berechnet. Sie liefern damit eine Lichtmenge von 70 Kerzen, das ist auf 12,5 l Gas 1 Kerze. Zum Vergleich kann hier bemerkt werden, daß der einfache Schmetterlingsbrenner bei einem stündlichen Gasverbrauch von 140 l eine Leuchtkraft von 10 Kerzen ergibt, das entspricht einem Verbrauch von 14 l die Kerze. Es spricht dies überzeugend für den oben aufgestellten Satz, daß die Leuchtkraft des Gases innerhalb gewisser Grenzen in einem größeren Verhältnis zunimmt, als die Menge des in einer Lampe bestimmter Konstruktion zur Verbrennung gelangenden Gases, und ist der Grund hierfür namentlich zu suchen in der höheren Temperatur, welche bei großen Flammen entsteht, indem die entwickelte Wärme mehr zusammengehalten wird.

Intensivlampe von Hubert. Bei derselben wird gleichfalls ein zusammenhängender Lichtkranz dadurch erreicht, daß man das Gas aus nebeneinander liegenden Schnittbrennern ausströmen läßt. Jedoch gibt man hier der Flamme eine Wölbung nach außen mittels der Anordnung, welche aus Fig. 26 und 27, Taf. 26, zu erkennen ist; letztere Figur zeigt die Lampe von oben. Die einzelnen Brennerköpfe a, 9 an der Zahl, sitzen auf einem kreisförmigen Kanal, welcher durch die Gasverteilungsarme b getragen wird; das Ganze wird von einem Metallkorb k umgeben. Die Brennerköpfe sind schräg nach außen gerichtet. Ueber denselben ist die Metallscheibe m angeordnet, welche dazu dient, der Flamme die Form zu geben. Die Verbrennungsluft streicht nämlich auf der inneren Seite der Flamme zwischen der Scheibe m und den Brennern hindurch, der entstehende Zug veranlaßt die Flamme, um die äußere Kante der Metallscheibe sich zu wölben. Eine durch die Mitte des Brenners geführte Gasröhre endigt über der Scheibe m, woselbst sie einen einzelnen Brenner trägt für die Nachmitternacht-Beleuchtung. Durch einen gemeinschaftlichen Hahn kann entweder der letzterwähnte Brenner oder der Brennerkranz mit Gas gespeist werden, je nachdem die Bohrung des Kükens auf die eine oder die andere Gaszuführung gestellt ist. Ueber die Leistungsfähigkeit des Brenners liegt die Angabe vor, daß er bei einem Verbrauch von 950 bis 1000 l Gas eine Leuchtkraft von 81 Kerzen entwickelt, oder etwa von 12 l Gas 1 Kerze.

Intensivlampe von Coze. Ein einfacher Intensivbrenner wird durch die Querschnittzeichnung Fig. 28, Taf. 26, veranschaulicht; die Konstruktion stammt von Coze. Von der Gasverteilungskammer b aus

führen mehrere einzelne gebogene Arme empor, deren jeder an seinem oberen Ende einen Schnittbrenner a mit Regulator r trägt. Die Stellung dieser Brenner zu einander ist eine derartige, daß sie einen Kranz zusammensetzen, dessen einzelne Schmetterlingflammen sich mit ihren Flächen unter einem spitzen Winkel treffen und nunmehr einen einzigen großen Flammenkranz bilden. Auch gibt man der Lampe zwei ineinander liegende Kränze von Brennern. Es entspricht dann jedem äußeren Brenner des Kranzes ein innerer; man gibt der ganzen Lampe bis zu 6 Paare solcher einzelnen Brenner. Bei einer Vereinigung von 3 bis 4 Brennerpaaren verbraucht der Cozesche Brenner etwa 200 l Gas und entwickelt 22,5 Kerzen Lichtstärke, oder von je 9 l 1 Kerze. Der Brenner besitzt den Nachteil, daß er eine unruhig brennende Flamme liefert.

Derselbe Konstrukteur hat auch einen Intensivbrenner angegeben, welcher, wie Fig. 29, Taf. 26*), zeigt, aus der Verbindung eines Argandbrenners mit einem denselben umgebenden Kranz von 5 Schnittbrennern besteht. Beide Teile erhalten das Gas mittels getrennter Zuführungen aus dem unterhalb des Brenners angeordneten Verteilungsraume.

Intensivlampe von Sugg. In ähnlicher Weise wie durch die Anhäufung mehrerer Einzelflammen gewöhnlicher Flachbrenner, hat man auch durch die Konstruktion des Argandbrenners den Lampen für intensive Flammenentwickelung zu Grunde gelegt, indem man den einfachen Brenner noch mit einem zweiten und dritten umgab. Als eine der bekanntesten Lampen dieser Art ist die Konstruktion von Sugg zu erwähnen, dieselbe ist Fig. 30, Taf. 26, abgebildet**).

Intensivlampe von Ulbrich und Meßmer. Fig. 31 und 25, Taf. 26, gibt die Querschnitt- bezw. Horizontalschnittzeichnung dieses Beleuchtungskörpers. Man erkennt aus derselben den gemeinsamen Verteilungsraum b des Brenners, von welchem aus durch einzelne Arme c, c′, c″ das Gas in drei ineinander liegende Ringbrenner a, a′, a″ abgeleitet wird.

Da auch dieser Brenner für die öffentliche Beleuchtung Verwendung finden soll, so ist in seiner Mitte ein einzelner Schnittbrenner s angebracht, welcher sein Gas nicht von der gemeinschaftlichen Kammer b empfängt, sondern durch eine besondere dünne Zuleitung s′ aus der hinter dem Absperrhahn befindlichen Gasleitung. Beide Flammen — des einzelnen Brenners sowohl wie der 3 Ringbrenner — können unabhängig voneinander entwickelt werden, man läßt die Intensivflamme bis Mitternacht brennen, von da ab nur die einzelne Flamme. Der beschriebene Brenner ist mit einem Regulator ausgestattet, durch welchen der Druck des Gases auf einer bestimmten geringsten Höhe erhalten wird. Der hierzu dienende Apparat befindet sich unmittelbar unter der Kammer b. Seine Konstruktion soll uns hier nicht näher beschäftigen, da derartige Apparate unter einem besonderen Abschnitt dieses Werkes abgehandelt werden.

Der Intensivbrenner von Ulbrich und Meßmer verlangt zu seiner richtigen Funktionierung einen Gasdruck von nicht unter 25 mm Wassersäule. Es ist dies eine Bedingung, die nur schwer auf alle Fälle zu erfüllen ist und wird dies als ein Uebelstand der Konstruktion empfunden. Die Leistungen dieser Lampe sind zufriedenstellend. Man erhält bei einem stündlichen Gas-

*) Journ. f. Gasbel. 1880.
**) Journ. f. Gasbel. 1879.

verbrauch von 1400 l eine Lichtmenge von 165 Kerzenstärken, also von je 8,4 l Gas 1 Kerze.

Intensivlampe von Bengel*). Dieselbe, dargestellt durch Fig. 32, Taf. 26, bringt eine Flamme von kugelförmiger Gestalt hervor. Das Gas wird von dem Laternenpfahl, beziehungsweise der Verteilungskammer aus auf die bekannte Weise in einen Ringbrenner geführt. Die Konstruktion des letzteren weicht von dem gewöhnlichen Argandbrenner zunächst dadurch ab, daß er nicht einzelne Bohrungen besitzt, sondern ganz hohl ist und das Gas aus einem einzigen Schlitze a austreten läßt, welcher um den ganzen Brenner herum führt. Sodann ist die Ausmündung dieses Schlitzes allseitig nach außen gerichtet, so daß sich die Flamme zunächst wagerecht auszubreiten strebt. Die Verbrennungsluft wird von außen dicht an die Wurzel der Flamme hingeleitet mittels eines cylindrischen Rohrstückes b′, welches nicht ganz die Höhe des Ringbrenners erreicht. Die entgegengesetzte Seite der Flamme, also deren innere Fläche, empfängt die Verbrennungsluft aus einem engen Spalte, welcher der Brennerspalte selbst parallel läuft; sie wird begrenzt von dem Brenner und einer darüber befindlichen Scheibe, deren Ränder b mit der Außenfläche des Rundbrenners gerade abschließen. Durch die Brennerkonstruktion erhalten der Gasstrom, sowie die innere und äußere Verbrennungsluft eine derartige Richtung, daß sich die Flamme zunächst nach außen wölbt. Die auf die Lampe aufgesetzte eigenartig geformte Glocke veranlaßt die Flamme, ihre oberen Enden wieder nach innen einzuziehen, indem die Verbrennungsgase in dem engeren, der Glocke aufgesetzten Rohrstück einen lebhaften Zug hervorrufen, durch welchen in der Glocke selbst ein Luftwirbel zu stande kommt. — Auch diese Brennerkonstruktion bedarf eines Regulators, wenn sie gleichmäßig wirken soll. Des weiteren führt ein einzelner Brenner nach der Mitte der Glocke, um unabhängig von dem eigentlichen Intensivbrenner in Thätigkeit gesetzt werden zu können.

Bei einem stündlichen Gasverbrauch von ungefähr 750 l entwickelt der Brenner eine Leuchtkraft von 85 Kerzen oder von je 8,9 l 1 Kerze.

Intensivlampe von Marini Goelzer. Bei diesem Brenner wird der Flamme eines großen Argandbrenners dadurch eine feste Form gegeben, daß man dieselbe zwischen einer Glocke und einem oberhalb des Brenners angeordneten kugeligen oder birnenförmigen Körper emporziehen läßt. Die Konstruktion ist aus Fig. 33, Taf. 26, ersichtlich*). Das Gas gelangt, nachdem es erst durch einen Regulator hindurchgegangen ist, durch mehrere Verteilungsarme nach dem Rundbrenner b von gewöhnlicher Konstruktion. Ein Kupferblechring c umgibt den Brennerkopf und dient dazu, die Verbrennungsluft nach der Flamme zu führen. Der über dem Brenner angebrachte Körper a ruht in einem Gestell, welcher sich von dem Fuß des Brenners erhebt; er ist aus Glas oder Porzellan gefertigt. Seine Wirkungsweise wurde bereits angedeutet. Die äußere Glocke d der Lampe sitzt auf einer Metallfassung; sie besitzt die Gestalt eines Ellipsoids.

Bei einem Durchmesser eines Brenners (mit 25 Löchern) von 133 mm verbraucht die Lampe stündlich 800 l und entwickelt dabei ein Licht von 75 Kerzenstärken, 10,5 l also 1 Kerze. Die größte Nummer, in welcher dieselbe Konstruktion ausgeführt wird, verbraucht 1500 l Gas und gibt ein Licht von 155 Kerzenstärke, oder von je 9,7 l 1 Kerze.

---

*) Journ. f. Gasbel. 1882.

c) **Regenerativ-Gaslampen.** Bei den vorbeschriebenen Intensiv-Gaslampen, auch denjenigen größter Dimensionen, findet im allgemeinen keine nennenswerte relative Steigerung der Helligkeit, d. h. eine günstigere Gestaltung des Verhältnisses von der Lichteinheit zur Menge verbrannten Gases, statt. Ein Weg, um die Intensität des Lichtes erheblich zu steigern, besteht in der Erhöhung der Flammentemperatur, indem man die zur Verbrennung des Gases dienende Luft, dieses selbst oder beide zusammen vorwärmt. Von der Vorwärmung des Leuchtgases wird man in der Regel absehen, weil die Menge der zur Verbrennung erforderlichen Luft die der ersteren weit überwiegt, sie beträgt beiläufig das fünffache derselben. Um so merkwürdiger muß es erscheinen, daß man trotzdem Lampenkonstruktionen geschaffen hat, in welchen man nur das Gas vorwärmt und von einer Vorwärmung der Luft ganz absieht.

Alle auf dem angedeuteten Prinzipe beruhenden Brennerkonstruktionen bezeichnet man als Regenerativbrenner, weil die bei der Verbrennung des Gases selbst frei werdende Wärme dazu benutzt wird, das Gas oder die Luft vorzuwärmen; die sonst verloren gehende Wärme wird also — wenigstens zum Teil — stets wieder in die Flamme zurückgeführt, wodurch sie deren Temperatursteigerung und damit ein intensives Licht herbeiführt. Erstmalig wurde der Gedanke, die Lichtintensität durch Steigerung der Verbrennungshitze zu vermehren, von Frankland in London in die Praxis übersetzt (1880). Der Genannte umgab den Cylinder einer Gaslampe mit einem zweiten, weiten, kurzen Cylinder; zwischen beiden strömte die Verbrennungsluft hindurch nach der Flamme. Der Fortbestand dieser Konstruktion scheiterte daran, daß der innere Cylinder die starke Erhitzung nicht aushielt; er wurde bald matt und konnte sich auch verbiegen. Das Prinzip des Regenerativ-Gasbrenners ist erst durch Fr. Siemens zu einer lebensfähigen Lampenkonstruktion ausgestaltet worden.

Siemens Regenerativ-Gasbrenner. Die Fig. 5 bis 9, Taf. 27, soll dazu dienen, die Konstruktion von Siemens Gasbrenner zu veranschaulichen*). Im wesentlichen besteht der Apparat aus ineinander steckenden Röhren, welche als Leitungskanäle für das Gas, die Verbrennungsluft und die Verbrennungsprodukte dienen. Durch ihre benachbarte Lage soll der Austausch der Wärme vermittelt werden, d. h. die Abgabe der Wärme von den heißen Verbrennungsgasen nach der anfangs kälteren Verbrennungsluft. Der Brenner ist äußerlich von zwei ineinander liegenden Blechhülsen umgeben, welche an ihrem unteren Ende bei a Schlitze frei lassen, um der Verbrennungsluft den Durchgang zu gestatten. Der eigentliche Brennerkörper wird gebildet durch einen Röhrenkranz r. Aus jedem der 24 einzelnen Röhrchen entweicht das Gas ohne die Vermittelung eines besonderen Brennerkopfes, wodurch diese Art von Brennern den bisher beschriebenen gegenüber als durchaus eigenartig dasteht. Ein gemeinsamer kreisförmiger Kanal verbindet die Röhrchen an ihrem unteren Ende; von hier aus erfolgt die Verteilung des Gases. Inmitten des Röhrenkranzes ist eine Esse S angeordnet, welche an ihrem oberen Ende einen cylindrischen Körper z aus Porzellan trägt. Von einem tieferliegenden Teil der Esse führt ein seitlich angebrachtes Rohr q wieder aufwärts, es kann bis über Dach des zu beleuchtenden Raumes geleitet werden und dient als Zugkamin für die Verbrennungsgase. Sobald in diesem Teil des Apparates einmal

*) Journ. f. Gasbel. 1881.

Zug vorhanden ist, werden die einzelnen aus den Brennern r entwickelten Flammen, beziehungsweise deren Verbrennungsprodukte, nachdem sie die Höhe des Porzellanringes z erreicht haben, in das Innere des letzteren und in die Esse hineingezogen. Indem die warmen Gase hierdurch einerseits den gegebenen Zug stets erhalten, liefern sie andererseits einen Teil ihrer Wärme an die Wandungen der Esse S ab und diese überträgt sie dann weiter auf die dem Gase zuströmende Verbrennungsluft. Die letztere gelangt nämlich, indem sie in den inneren kreisförmigen Luftkanal d emporzieht, mit den Außenwandungen der erhitzten Esse in Berührung und bespült dann im vorgewärmten Zustand die Gasflammen von beiden Seiten.

Eine Eigenheit der Luftzuführung besteht noch darin, daß die vorgewärmte Luft mittels sogenannter Zerteilungskämme (vergl. die Aufsicht Fig. 7), welche von dem oberen Rande der Zwischenwand d d' aus gegen die Brennerröhrchen r gerichtet sind, in einzelnen Strahlen gegen die Flammen geleitet wird, wenigstens nach deren äußerer Seite der letzteren. Siemens beabsichtigte mit dieser Anordnung die Luft mit dem Gas schichtenweise zusammenzuführen und dadurch eine lebhaftere Verbrennung herbeizuführen, welche ihrerseits wieder eine höhere Leuchtkraft bewirkt. Demselben Zwecke dient auch, was hier hervorgehoben werden soll, die Verteilung des Gases durch einzelne Röhrchen. Die Anzahl der letzteren, wie auch der Zacken, beziehungsweise der zwischen denselben freigelassenen Lücken wird dabei in der Regel übereinstimmend gemacht. — Es soll noch erwähnt werden, daß eine innere Vermischung des Gases mit der Luft nicht beabsichtigt ist. Eine solche wäre vielmehr zu vermeiden, weil dann die leuchtenden Bestandteile des Gases unmittelbar verbrennten und eine blaue Flamme entstehen würde.

Der äußere Luftkanal d' vermag eine nennenswerte Vorwärmung der Luft nicht zu vermitteln, er dient nurmehr dazu, die Zugrichtung der Flamme zu verstärken, sowie ferner zur Abkühlung des auf dem Rande des äußeren Mantels a' aufsitzenden kurzen Glascylinders g. Hinsichtlich des letzteren ist zu erwähnen, daß derselbe zur Bildung einer steifen Flamme nicht notwendig ist. Er dient vielmehr in der Art eines Schirmes gegen den Luftzug, wie auch als Glocke zum Schutze des Auges gegen das blendende Licht. Dieser Teil der Lampe wird daher als Lichtschützer bezeichnet.

Die ganze Art der Montierung des beschriebenen Brenners zu einer Lampe, beziehungsweise Laterne, geht aus der Fig. 6, hervor. Man sieht hier auffällig, daß der seitlich angebrachte Abzug für die Verbrennungsgase in einem Bogenstück nach dem Schornstein führt, welcher sich über das Dach der Laterne erhebt —.

Dieser soeben erwähnte seitliche Rohransatz an der Esse des Regenerator-Gasbrenners konnte nicht recht in Einklang gebracht werden mit dem Schönheitssinn, wenn man von diesem Standpunkte aus die Lampe beurteilen wollte. Ein Ausweg hierfür fand sich in der Anordnung des Abzugsrohres in der Mittellinie des Brenners, wodurch die Fig. 1 bis 4, Taf. 27, gezeigte Konstruktion hervorging.

Diese Lampe besteht im wesentlichen aus ganz denselben Teilen wie die soeben beschriebene. Der Unterschied besteht bloß darin, daß die Esse einen seitlichen Abzug für die Verbrennungsgase besitzt, sondern nach unten ringsum geschlossen ist, einen Topf p bildend. An Stelle des Abzuges ist in die Mündung der Esse das Rohr q eingeführt, ein Glascylinder, an welchen sich erst oberhalb der Lampe der eigentliche Schornstein a anschließt. Es

wird also durch diese Anordnung gleichzeitig vermieden, daß das Licht nach irgend welcher Seite hin abgehalten werde.

Die Flamme dieser Lampe entwickelt sich auf dieselbe Weise, wie bei der erstbeschriebenen Konstruktion. Ihre Verbrennungsprodukte werden über den Rand des Porzellanaufsatzes in die Esse hinabgezogen, von hier steigen sie unmittelbar in dem Abzuge q, a nach oben, um ins Freie zu entströmen. Die Laterne zeigt sich in der durch Fig. 2 zur Anschauung gebrachten Gestalt.

Die Siemenssche Regenerativlampe erfordert also auf jeden Fall, wie wir gesehen haben, einen Kamin, in welchem die heißen Verbrennungsgase aufwärts steigen können, um einen kräftigen Zug hervorzurufen, damit die von der Flamme entwickelten Verbrennungsprodukte in die Esse hineingezogen werden. Der Weg der Verbrennungsluft, welche der Flamme zugeführt wird, ist auf der letzten Strecke demjenigen der heißen Gase entgegengerichtet, die Wärmeabgabe des letzteren an die erstere ist damit auf die günstigste Bedingung gestellt. Der Regenerativ-Gasbrenner verbindet auf Grund seiner Einrichtung den großen Vorteil, in geschlossenen Räumen, zu deren Beleuchtung er dient, gleichzeitig eine sehr wirksame Ventilation herbeizuführen. Gerade die schlechte, an der Decke des Raumes befindliche Luft, welche sich dort ihres geringeren spezifischen Gewichtes wegen aufhält, ist es, die von allen Seiten nach der Lampe zuströmt und durch dieselbe aus dem Raume entfernt wird, während die tieferen Luftschichten des Raumes erst in dem Maße emporsteigen wie sie mehr und mehr erwärmt werden und sich dabei verschlechtern. Auf demselben Wege wird durch etwaige Undichtheiten der Lampe entweichendes Gas aus dem Raume bald entfernt, da auch dieses seines geringen spezifischen Gewichtes wegen sich an der Decke des Raumes anzusammeln strebt; eine Gefahr durch Gasausströmungen wird also dadurch nicht unwesentlich herabgemindert.

Um die Ventilationswirkung der Lampe zu vervollkommnen, hat man denjenigen Teil des Abzugrohres, welcher unmittelbar über dem eigentlichen Brenner liegt, noch mit einer besonderen Oeffnung versehen, durch welche auch noch nur einige Entfernung oberhalb des Brenners befindliche erhitzte Luft entfernt wird. Ferner umgibt man wohl auch den senkrecht emporsteigenden Teil des Abzuges mit einem Mantel, um die Wiederabgabe von Wärme an die Luft des Raumes zu verhüten, gleichzeitig aber auch um hier nochmals der Luft Gelegenheit zu geben, abzuziehen.

Die Regenerativ-Gasbeleuchtungsapparate der beschriebenen Systeme werden in 7 verschiedenen Größen angefertigt. Die 4 kleineren Sorten, mit I bis IV bezeichnet, sind mit seitlichem Abzug der Verbrennungsgase eingerichtet, 3 größere Sorten, 0 bis 000 mit zentraler Abführung. Ihrer Leistungsfähigkeit nach verhalten sie sich, unter Berücksichtigung verschiedener Beschaffenheit des verwendeten Leuchtgases, in der folgenden Weise:

	Stündlicher Gasverbrauch.	Lichtstärke in Normalkerzen.	Verbrauch pro Kerze u. Stunde.
Größe I	200 bis 250 l	35 bis 45	5,6 l
II	350 „ 450 l	60 „ 90	5,3 l
III	600 „ 700 l	130 „ 180	4,2 l
IV	1400 „ 1600 l	300 „ 400	4,2 l
0	2000 „ 2200 l	500 „ 600	3,8 l
00	2400 „ 2600 l	650 „ 750	3,5 l
000	3800 „ 4000 l	1000 „ 1100	3,5 l

Diese Ergebnisse der Gasbrenner gegenüber sämtlichen älteren Brennerkonstruktionen für freie Flammenentfaltung sind als ganz hervorragende zu bezeichnen. Vergleichen wir dieselben mit der Zusammenstellung auf S. 305, welche uns über die Leistungsfähigkeit der Argandbrenner Aufschluß gibt, so ersehen wir dort, daß die besten Brenner dieser Art bei einem Gasverbrauch von 230 l zur Entwickelung der Lichtstärke von 1 Kerze 8,2 bezw. 8,9 l Gas beanspruchen. Der Siemensbrenner I von etwa gleichem stündlichem Gasverbrauch leistet dasselbe mit bloß 5,6 l. Noch günstiger gestaltet sich der Vergleich für die Regenerativlampen, wenn man die größeren Sorten derselben den Intensivlampen gegenüber stellt, welche gleichfalls auf hohen Gasverbrauch und dementsprechende größere Lichtwirkung berechnet sind. Es zeigt sich diesen gegenüber bei gleichem Gasverbrauch bald mehr bald weniger als das Doppelte der Lichtwirkung, indem beispielsweise die Intensivlampe von Ulbrich und Meßmer bei einem stündlichen Gasverbrauch von 1400 l eine 165 Normalkerzen entsprechende Lichtmenge liefert, während der Siemensbrenner IV bei gleichem Gasverbrauch 300 Kerzen und mehr entwickelt, eine Leistung von 1 Kerzenstärke mittels 4,7 l Gas. Es scheint, daß nicht bloß die höhere Temperatur der Speiseluft diese beträchtliche Lichtsteigerung bewirkt, sondern daß die Konstruktion der Brenner und die durch denselben erzielte Flammengestaltung selbst einigen Anteil daran haben.

Wir haben bereits gesehen, daß die Regenerativgasbrenner mit zentraler Abführung der Verbrennungsprodukte der früheren Form gegenüber den besonderen Vorteil bietet, das Licht in wagerechter Richtung im ganzen Umkreis des Brenners zu verteilen; indessen wirft er auch nach unten einen runden Schatten. Abänderungen der Konstruktion, welche diesem Uebelstande begegnen sollten, wurden von Siemens schon zur Zeit seiner ersten Versuche mit Regenerativbrennern angestellt, jedoch ohne rechten Erfolg. Man hatte sein Augenmerk darauf zu richten, die ganze Anordnung der Lampe derart umzukehren, daß der Regenerator oberhalb der Flamme zu stehen kam, die letztere sich nach unten entwickelte, um ungehindert ihr Licht abwärts werfen zu können. Erst die verbesserten Formen der Lampen gestatteten auf dem eingeschlagenen Wege das Gewünschte zu erreichen. Die oben beschriebenen Brenner wurden einfach umgekehrt, weshalb man sie als „invertierte Regenerativ-Gasbrenner“ bezeichnet. Man ließ dann selbstverständlich die Verbrennungsprodukte unmittelbar in die Höhe steigen. In dieser Anordnung und allen Verbesserungen derselben ist jedoch die Bedingung gestellt, die Flamme mit einer Glasglocke zu umgeben. Man erblickte in dieser Notwendigkeit ursprünglich nur den Nachteil des Systems, daß der Brenner schwerer zugänglich sei und die Flamme bei der Zerstörung des Gases erlösche. Indessen gewährt die vollständige Abschließung der Flamme den anfangs nicht genügend beachteten Vorzug, daß sie gegen die Beeinflussung durch Zug, Ruß, Staub, Insekten u. s. f. geschützt ist.

Siemens invertierter Regenerativ-Gaslampe. Es gibt eine Reihe von Konstruktionen, die im wesentlichen nur wenig voneinander abweichen, indem sie alle demselben Prinzip zu Grunde liegen. Siemens hat seiner invertierten Lampe die durch Fig. 10 u. 11, Taf. 27, dargestellte Form gegeben*). Die Lampe empfängt das Gas von oben durch den Röhrenarm G, deren es der Symmetrie halber zwei sind; nur der eine davon ist zur Spei-

*) Journ. f. Gasbel. 1887.

sung der Lampe mit Gas erforderlich. Er mündet in den ringförmigen Gaskanal R, welcher innerhalb der Metallteile der Lampe liegt. Von diesem Kanal aus führen die Brennerröhrchen r in schräger Richtung nach abwärts, so daß ihre unteren Enden einen engeren Kreis bilden. Die hier entwickelte Flamme senkt sich nach unten, indem sie durch den Zug der Esse E in den aus Porzellan bestehenden Essenhals s hineingezogen wird. Der letztere Teil des Apparates, welcher mittels eines Bajonettverschlusses in die Lampe eingesetzt ist und so jederzeit leicht aus derselben herausgenommen werden kann, ist oberhalb seiner Mündung stark verengt, wodurch die Flamme genötigt wird, die trompetenartige Oeffnung zu bespülen, um dadurch eine große lichtgebende Oberfläche darzubieten. Im Innern der Esse, beziehungsweise deren Hals, ist der keilförmige Körper K aufgehängt. Derselbe besteht aus einem feuerfesten Material und dient dazu, die in der Mitte der Esse aufsteigenden Verbrennungsgase ihrer Wärme zu berauben, welche sonst zum großen Teil nutzlos verloren ginge, und nun dieselbe auf dem Wege der Strahlung an die Innenwand der Esse zu werfen, von wo aus sie durch die metallischen Teile der Lampe weitergeleitet wird.

Zu diesen Teilen der Lampe zählt insbesondere der äußere Mantel M. Ein zweiter, von letzterem umschlossener Mantel m verjüngt sich stark gegen die Einschnürung des Essenhalses s zu. Er bildet hier, kurz unter den Brenneröffnungen, einen scharfen Rand, um sich nach unten wieder konisch zu erweitern.

Die Verbrennungsluft gelangt zwischen den beiden Mänteln M und m hindurch nach dem Brennerkranz. Sie nimmt, indem sie die erhitzten Wandungen des äußeren Mantels und insbesondere des hocherhitzten Essenhalses bestreicht, die hier aufgespeicherte Wärme auf, wodurch die Temperatursteigerung der Flamme bewirkt wird.

Die Flamme wird nach allen Seiten hin abgeschlossen durch die aus Glas gefertigten Glockenteile S und T. Der erstere besitzt eine konische Gestalt, indem er sich, an die Verengerung des Mantels m anschließend, nach unten erweitert. Sein äußerer Rand ruht in einem Metallkranz, welcher durch Stege von den höher gelegenen Lampenteilen getragen wird. Mit demselben Kranz ist die Glocke G von der Gestalt einer Halbkugel verbunden; dieselbe kann auf der einen Seite in einem Scharnier gedreht werden, während sie auf der entgegengesetzten Seite durch einen Hebelverschluß festgehalten werden kann, so daß die inneren Teile des Brenners leicht zugänglich sind.

Der Siemenssche invertierte Regenerativ-Gasbrenner ergab nach den Untersuchungen Hasses, je nach verschiedenen Größen seiner Ausführung, die folgenden Leistungen:

Brenner III mit einem stündlichen Gasverbrauch von 313 l lieferte 70 Kerzenstärken, mithin je 4,4 l Gas 1 Kerze.

Brenner IV mit 435 l Gasverbrauch zeigte 114,5 Kerzenstärken, somit je 3,8 l Gas 1 Kerze.

Brenner VII mit 725 l Gasverbrauch lieferte 221,8 Kerzenstärken, das ist auf je 3,3 l Gas 1 Kerze.

Lampe von Westphal. Schon bevor Siemens ein Patent auf seine invertierte Regenerativ-Gaslampe erhalten hatte, brachte Westphal

eine Lampe in den Verkehr, welche noch mehr der Umkehrung der ursprünglichen Konstruktion gleicht, wie die soeben besprochene. Die Lampe hat vielfache Verbreitung gefunden, und soll daher das bezeichnende für dieselbe noch kurz dargelegt werden. Ihre Einrichtung geht aus Fig. 12, Taf. 27, hervor*). Der Brenner wird hier nicht, wie bei den früher beschriebenen Regenerativlampen, durch einzelne Röhrchen gebildet, sondern durch einen zu einem Kreis geschlossenen Schlitz, aus welchem das Gas austritt, eine schlauchartige Flamme bildend. Diese letztere wird in die Esse hineingezogen, beziehungsweise zunächst in deren Hals p aus feuerfestem Material, welcher einen hervorstehenden Kragen besitzt, um der Flamme eine Wölbung nach außen zu geben. Die Verbrennungsluft gelangt durch Schlitze der Metallfassung der Lampe in diese hinein. Sie erfüllt hier zunächst eine Kammer, von wo aus ein Teil der Luft den heißeren äußeren Wandungen der Esse entlang durch einen besonderen Kanal nach der Innenseite der Flamme geführt wird, während der andere Teil der Luft gleichfalls durch einen Kanal die Flamme von außen bespült.

Bezüglich der übrigen Ausstattung der Lampe ist noch hervorzuheben, daß dieselbe zwei Gaszuführungen mit den Hähnen a und g besitzt. Die erstere dient zur ausschließlichen Speisung des Brenners. Die letztere versorgt zwei Zündflammen bei g und r mit Gas. Um die Lampe in Thätigkeit zu setzen, dreht man erst den Hahn o auf; man kann jetzt durch Oeffnen der in einem Scharnier beweglichen Lampenglasglocke das Flämmchen r entwickeln, um nachher durch Oeffnen des Hahnes a das aus dem Brenner ausströmende Gas zu entzünden. Eine Bewegung der Glocke ist nicht erforderlich, wenn man die bei g aus einem feinen Röhrchen sich entwickelnde Zündflamme in die Esse schlagen läßt. Das vom Brenner aufsteigende Gas entzündet sich auch an dieser Flamme, indem es dieselbe, mit Luft vermischt, erreicht. Man wird daher bei dieser Behandlungsweise der Lampe stets ein heftiges Aufpuffen wahrnehmen.

Ueber die Leistungsfähigkeit der Westphallampe liegen von Seiten Hasses die folgenden Angaben vor. Eine Lampe (Nr. II) mit 335 l stündlichem Gasverbrauch zeigte 75,9 Kerzenstärken, das ist für je 4,4 l Gas 1 Kerze. Eine größere (Nr. IV) mit 470 l Gasverbrauch ergab 100,5 Kerzenstärken, mithin für je 4,7 l Gas 1 Kerze.

Regenerativ-Gasflachbrenner. Durch die Konstruktion seines Regenerativ-Gasflachbrenners suchte Siemens**) den Vorzug der Regenerativ-Gasbeleuchtung auch auf die kleine Flamme des gewöhnlichen Schnittbrenners zu übertragen. Die Einrichtung dieses Beleuchtungs-Apparates geht aus Fig. 13 u. 14, Taf. 27, hervor. Das Gas gelangt von der Zuleitung e aus durch die zwei Arme g und f nach der Lampe. Der erstere speist den Zündbrenner h, der letztere den Schnittbrenner a. Dieser mündet unter dem aus emailliertem Eisenblech bestehenden Reflektor C aus. Die Flamme des Flachbrenners nimmt die gewöhnliche Gestalt an; es ist ihr jedoch eine abgerundetere Form gegeben durch eine besondere Einrichtung des Specksteinbrenners, welche die sonst bei diesen Brennern bemerkbare Zackenbildung verhindert wird. Die Verbrennungsprodukte ziehen durch den bogenförmigen Schlitz i ab, sie

*) Browns Vademekum für Gaskonsumenten.
**) Journ. f. Gasbel. 1887.

gelangen in die Züge des in Gußeisen ausgeführten Regenerators b, wo sie ihre Wärme großenteils abgeben, um durch die Esse d zu entweichen.

Der Regenerator ist von einem Blechmantel umgeben, auf dessen einer Seite (auf der Zeichnung die linke) die Verbrennungsluft durch Löcher bei l eintritt. Die Luft muß von hier aus, um nach der Flamme zu gelangen, erst den Regenerator ringsherum bespülen. Dabei nimmt sie die aufgespeicherte Wärme auf, und gelangt nun in einen Raum zwischen dem Regenerator und demjenigen Teil des Reflektors c, welcher unmittelbar über der breiten Flamme liegt. Dieser Teil des Reflektors s ist nun siebartig durchlöchert, so daß die vorgewärmte Luft zu der Flamme treten kann, um deren Verbrennung zu unterhalten.

Die Lampe ist nach unten durch eine halbkugelförmige Glocke abgeschlossen. Das Anzünden der Flamme erfordert kein besonderes Oeffnen der Lampe, sondern wird durch die Zündflamme h von der Seite der Lampe her bewirkt. Man setzt diese Flamme in Brand, sie schlägt durch eine Röhre hindurch in das Innere des Regenerators. Jetzt erst dreht man den Hahn der Gaszuführung f auf; das Gas entzündet sich, indem es in die Generatoröffnung eintretend mit der Zündflamme zusammenkommt.

Die Menge des senkrecht herabgeworfenen Lichtes scheint den günstigsten Verhältnissen gegenüber anderen Konstruktionen von Regenerativlampen zu entsprechen. Nach Siemens Angabe selbst übertrifft der beschriebene Apparat den von demselben Erfinder konstruierten invertierten Flachbrenner um 33 Prozent der Leistungsfähigkeit des letzteren. Dem entsprechen auch die photometrischen Untersuchungen, durch welche festgestellt ist, daß der einfache Siemenssche Regenerativ-Gasflachbrenner II bei einem stündlichen Gasverbrauch von 250 l eine Lichtmenge von 62,7 Kerzen liefert, das ist für je 3,3 l Gas 1 Kerzenstärke. Eine größere Sorte mit 3 Schnittbrennern und 522 l Gasverbrauch ergibt sogar 169,4 Lichtstärken, oder für je 3,1 l Gas 1 Kerze.

Multiplex-Gaslampe. Eine weitere Lampenkonstruktion, welche den gleichen Zweck verfolgt, wie die soeben beschriebene: kleinere Lichtquellen zu schaffen von etwa demselben Gasverbrauch wie die gewöhnlichen größeren Flach- und Argandbrenner, jedoch mit besserer Lichtwirkung wie diese, stellt die sogenannte Multiplex-Gaslampe*), Fig. 15 bis 17, Taf. 27, dar; dieselbe wird von der „Société Franco-Belge“ in den Verkehr gebracht in Größen der Ausführung für einen stündlichen Gasverbrauch von 125 l und mehr. Die Flamme wird hier gebildet durch den Brenner G, welcher den Kopf B trägt, auf dessen Umfang ein Kranz von Brenneröffnungen von rundem Querschnitt eingebohrt sind. Ueber dieselben erhebt sich der Regenerator. Derselbe ist mit dem Brenner verbunden durch drei Metallstäbe S, welche mit ihrem unteren Ende in der Metallfassung D des Brenners befestigt sind. Eine Glasglocke V schließt den Raum zwischen Regenerator und dem Fuße des Brenners gegen außen ab. Der Regenerator, welcher den oberen Teil der Lampe bildet, ist aus leichtem Blech hergestellt und von einer stärkeren Krone H umgeben. Er besteht aus einem einfachen System von Kanälen, durch welche die Verbrennungsluft der Flamme zugeführt, die Verbrennungsprodukte abgeleitet werden; die letzteren entfernen sich durch

*) Journ. f. Gasbel. 1890.

die hohe Esse C, wodurch ein kräftiger Zug herbeigeführt wird, welcher die ganze Luftverteilung innerhalb der Lampe zu leiten hat.

Der obere Teil der Lampe wird von einer Kuppel Y umgeben. Dieselbe ist in ihrem oberen Ende gegen die Esse hin nicht vollkommen geschlossen, sie läßt hier vielmehr eine Spalte P frei, durch welche die Verbrennungsluft eingesogen wird. Diese letztere gelangt nun teilweise in den Luftverteiler R, dessen Einrichtung noch besonders aus der Fig. 17 zu erkennen ist. Derselbe wird gebildet durch ein zentrales Rohr, welches genau über der Flamme des Brenners liegt. Es ist gegen unten, der Flamme zu, durch ein Sieb aus vernickeltem Draht abgegrenzt, gegen oben jedoch verschlossen. Die Luftzuführung erfolgt durch seitliche Kanäle von V förmigem Querschnitt, welche auf dem Umfang des Rohres angesetzt sind und in radialer Richtung durch den Raum hindurchreichen, durch welchen die heißen Verbrennungsgase aufsteigen. Ein anderer Teil der Verbrennungsluft gelangt unmittelbar durch Oeffnungen O in der Nähe des äußeren Randes des Regenerators in die Glasglocke. Fig. 16 zeigt noch besonders die Ansicht der inneren Decke des Lampenraumes. In der Mitte sieht man die Ausmündung des Luftrohres R gegen die Flamme, dann folgen 5 aufwärts führende Kanäle von gleichfalls V förmigem Querschnitt für die abziehenden Verbrennungsprodukte und endlich ein Kranz der Oeffnungen O.

Die Flamme entwickelt sich nun in der folgenden Weise. Sobald Zug in der Esse vorhanden ist, wird die atmosphärische Luft durch die Oeffnung P eingesogen und gelangt einerseits durch das zentrale Verteilungsrohr, andererseits durch den äußeren Kranz von Löchern zu dem Gas. Der erstgenannte Luftstrom stößt in stark vorgewärmtem Zustande durch das Drahtnetz, von oben herabkommend, gegen die runde, innen offene Flamme, und veranlaßt dieselbe, sich an ihrer Krone zu öffnen und auseinander zu breiten. Es entsteht dadurch eine Flamme von tulpenförmiger Gestalt. Ein intensives Leuchten soll besonders dadurch herbeigeführt werden, daß die entgegenströmende warme Luft eine langsamere Verbrennung des Gases, beziehungsweise der in demselben zum Glühen gelangenden Kohlenstoffteilchen bewirkt, wodurch dieselben auf Weißglühhitze gebracht werden. Jedenfalls ist die Verbrennung des Gases an der Flammenkrone eine sehr vollkommene, da die letztere mit keinen abkühlend wirkenden Teilen der Lampe in Berührung kommt. Die Verbrennungsprodukte weichen dem von oben herabkommenden zentralen Luftstrom ringsum aus, sie steigen unmittelbar nach der Esse auf. Dementsprechend sucht sich auch die äußere Zone der Verbrennungsluft, welche durch den Kranz der Oeffnungen in die Glasglocke eintritt, einen gesonderten Weg, der sie längs den Innenwänden der Glocke gegen unten führt, bis sie, unterhalb der Flamme angelangt, auf der Außenseite derselben aufwärts steigen kann. Indem sie die Flamme ringsherum bespült, verleiht sie ihr eine ganz besondere Steifigkeit und Ruhe. Auch dieser Teil der Verbrennungsluft wurde vorgewärmt auf seinem Wege längs den Wandungen der aufwärts führenden Kanäle für die heißen Verbrennungsprodukte.

Ueber die Leistungsfähigkeit der Multiplex-Gaslampe liegt die Angabe vor, daß dieselbe bei einem stündlichen Gasverbrauch von 125 bis 130 l eine Lichtstärke von 22,9 Kerzen entwickelt, das ist für je 5,6 l Gas 1 Kerzeneinheit.

Regina-Lampe. Die sogenannte Regina-Lampe von Schülke bezweckt gleichfalls die möglichst vorteilhafte Ausnutzung kleinerer Gasmengen zur Lichtentwickelung. Es wird hier einerseits durch die Zusammenstellung von zwei und mehr gewöhnlichen Flachbrennern die den Intensivlampen eigene höhere Lichtwirkung erzielt, andererseits zur Erreichung desselben Zweckes die Regeneration der Wärme zu Hilfe gezogen, um der Flamme vorgewärmte Luft zuzuführen. Fig. 18 bis 20, Taf. 27, zeigt die Ansicht der Lampe, sowie deren innere Einrichtung und einen Querschnitt durch den Regenerator.

Der Brenner wird gebildet aus einzelnen Zweilochbrennern, deren es hier ein Paar ist. Eine Stange m gestattet eine genaue Einstellung des Brenners in die Mitte der Lampe. Ueber der Flamme ist der Regenerator a angeordnet. Derselbe wird gebildet durch ein Blechrohr aus Nickelkomposition, welches in der Richtung seines Querschnittes wellenartig zusammengefaltet ist, so daß dieser die Form einer Rosette (Fig. 20) erlangt. Diese Vorkehrung dient dazu, eine möglichst große Oberfläche nach beiden Seiten zu bieten; das Rohr bildet nämlich die Scheidewand zwischen dem Abzug der heißen Verbrennungsprodukte und der Zuführung frischer Verbrennungsluft. Der innere, obere Teil des Rohres wird abgesperrt durch einen Körper d, welcher gleichzeitig die Centrierung des Brenners durch die Stange m vermittelt, indem die letztere in eine Bohrung des Körpers eingesteckt wird. Ein Trichter c aus Porzellan leitet die Verbrennungsgase nach dem Innern des Rohres.

Nach außen wird der Regenerator gegen Wärmeverluste geschützt durch den Asbestmantel b; dieser wird endlich umgeben von einer Blechhülle f, auf welcher sich die Esse e fortsetzt. Der untere Teil der Lampe wird umschlossen von einer Glasglocke g, deren obere Ränder abgeschliffen sind und auf den unteren Rand des Regenerators luftdicht passen.

Die Zugverhältnisse gestalten sich, wenn die Lampe in Thätigkeit ist, in der folgenden Weise; durch in der Zeichnung eingetragene Pfeile soll das Verständnis hierfür erleichtert werden. Die Verbrennungsgase gelangen durch den Porzellantrichter c nach der inneren Höhlung des Regenerators, sie werden durch den Körper d seitlich abgelenkt, und müssen zwischen den Falten des Rohres a emporsteigen, um nach der Esse e zu gelangen.

Die Verbrennungsluft begibt sich, indem sie durch die am unteren Rande des Blechmantels f befindlichen Spalten eintritt, über den oberen Rand des Asbestmantels b nach den äußeren Falten des Regeneratorrohres, in welchem sie sich nach unten bewegt. Sie nimmt hier die ausstrahlende Wärme auf und trägt dieselbe in die Lampenglocke, indem sie deren Wandungen entlang bis unter den Brenner sinkt und erst von da sich wieder aufwärtssteigend nach den Flammen begibt. Man kann sich von dieser Art der Zugwirkung leicht durch die schnelle Erwärmung der Lampenglocke bis unterhalb der Höhe des Brenners überzeugen. Ueberraschender noch gibt sich dieselbe zu erkennen, wenn man bei der Eintrittsöffnung für die Luft an dem Blechmantel f Cigarrenrauch einbläst. Dieser nimmt, wenn er in die Lampenglocke gelangt ist, genau den soeben beschriebenen Weg, um dann mit den Verbrennungsprodukten aus der Esse zu entweichen.

Als eine dem beschriebenen Beleuchtungsapparat durchaus eigentümliche Wirkungsweise muß hervorgehoben werden, daß die maximale Leuchtkraft der Flamme in einer Ebene von wagerechter Lage entwickelt wird, während diese

Richtung bei allen sogenannten invertierten Regenerativlampen die senkrechte ist. Es geht hieraus die günstige Verwendungsweise der Regina-Lampe zur Beleuchtung größerer Flächen ohne weiteres hervor. Insbesondere hat daher auch dieser Apparat zur Erhellung von Straßen, Plätzen u. s. w. Verbreitung gefunden und bedienen sich desselben einige große Städte mit Vorliebe zur Intensiv-Beleuchtung.

Die beschriebene Lampe von Schülke wird in 7 Größennummern geliefert, von 120 bis 1100 l stündlichem Gasverbrauch; die gelieferten Lichtstärken sind bezw. 20 bis 320 Kerzeneinheiten; 1 Kerze wird dementsprechend durch Verbrauch von 6 bis 3,5 l Gas erzielt. Es sind das Leistungen, welche denjenigen der besten Systeme von komplizierteren Regenerativ-Gaslampen an die Seite gestellt werden dürfen.

d) Gasglühlicht- (Incandescenz-) Brenner. Die bisher behandelten Lampensysteme bezwecken die Verbrennung des Leuchtgases unter Entfaltung der demselben vermöge seines Gehaltes an lichtgebenden Bestandteilen eigentümlichen Leuchtkraft, wobei nochmals kurz erwähnt sein soll, daß das Leuchten der Gasflamme hervorgebracht wird durch das Glühen der bei der Verbrennung ausgeschiedenen festen Kohlenstoffteilchen (vergl. den Abschnitt: das Leuchten der Flamme, S. 23). Die Intensität gewöhnlicher Gasflammen hängt demnach ab in erster Linie von der Zusammensetzung des Gases; dann aber auch, nicht unwesentlich, von der Konstruktion der Lampenkörper, womit wir uns im vorhergegangenen befaßt haben, und geht deren Wirkung dahin, die Temperatur der Flamme und damit das Glühen der Kohlenstoffteilchen zu vermehren.

Eine andere Methode der Lichterzeugung mittels Gas beruht darauf, daß man in eine nach dem Bunseschen Prinzip entleuchtete Flamme feuerbeständige feste Körper einführt, die ins heftige Glühen geraten und nunmehr Licht ausstrahlen. Es hat sich allgemein gezeigt, daß auf solche Weise mittels geeigneter Brenner erzeugtes Licht von weit größerer Intensität ist, als das durch unmittelbare Verbrennung von Leuchtgas erhaltene bei gleichen Gasmengen. Die glühende Oberfläche der Licht ausstrahlenden Substanz braucht dabei keine absolut große zu sein, um die Gesamtoberfläche der in einer Leuchtgasflamme schwebenden Kohlenstoffteile zu erreichen. Die letzteren sind von einer ungemeinen Feinheit und ihrer Anzahl nach doch nur so gering, daß es z. B. für die Stärke der Beleuchtung vollkommen gleichgiltig ist, ob eine Schmetterlingsflamme in der Richtung der breiten oder schmalen Seite ihr Licht nach einer Fläche sendet. Die Dünnheit des von dem Kohlenstoff gebildeten Schleiers läßt sich auch daraus bemessen, daß ein hinter die Flamme gehaltener Gegenstand vom Auge gesehen werden kann. Ein fester, in die nichtleuchtende Flamme gebrachter Körper glüht dagegen an seiner ganzen Oberfläche, Punkt neben Punkt, Zwischenräume unter denselben sind nicht vorhanden. Die Erzeugung von Licht durch in die nichtleuchtende Flamme gebrachte feste Körper wurde ursprünglich „Incandescenzlicht“ genannt; jetzt ist mehr der Name „Glühlicht“ in Gebrauch gekommen.

Drummondsches Kalklicht. Als ein erster Incandescenz-Brenner kann das Kalklicht von Drummond bezeichnet werden, das für gewisse Fälle immer noch in Anwendung kommt. Das Wesen desselben besteht in der Erhitzung eines kleinen Kegels aus Kalk, gegen dessen Spitze man die Stichflamme eines Gebläses richtet. Das letztere wird erhalten, indem man

Gas mit Luft oder besser mit reinem Sauerstoff gemischt, beide unter erhöhtem Druck, aus der Mündung eines eigens hierfür konstruierten Brenners austreten läßt. Die beiden Gasarten vermischen sich erst bei ihrem Austritt unmittelbar aus dem Brenner. Die sehr heiße Flamme dieses als Knallgasgebläse bezeichneten Apparats erhitzt den Kalkkegel auf helle Weißglut, wobei derselbe ein intensives Licht ausstrahlt, welches dem elektrischen Bogenlicht nahekommt. —

Auch bei den vollkommeneren ersten Gasglühlicht-Brennern bedurfte es der Zuführung von Verbrennungsluft unter besonderem Druck (Gebläsewind), damit der Glühkörper die zu lebhafter Lichtentwickelung erforderliche Temperatur erreichte.

Popp und Clamond haben je eine derartige Brennerform konstruiert, welche auch bereits für die öffentliche Beleuchtung empfohlen worden sind; die Konstruktion des erstgenannten Erfinders (derselbe, welcher die erste Druckluftanlage in Paris eingerichtet hat) erforderte den verhältnismäßig hohen Luftdruck von 50 bis 100 cm Wassersäule.

Clamonds Incandescenz-Brenner. Clamond hat durch die Verbesserung seines älteren Brenners die Notwendigkeit umgangen, Gebläseluft zu Hilfe nehmen zu müssen. Die Konstruktion dieser verbesserten Form geht aus Fig. 1, Taf. 28, hervor*). Der Brenner besteht aus einer Anzahl ineinander liegender Hülsen, deren innerste N mittels des Bunsenbrenners B mit Gas gespeist wird. Ueber die Wirkungsweise dieses Brenners muß hier kurz vorausgeschickt werden, daß das Gas aus einer feinen Oeffnung des im Brennerrohre liegenden Kegels ausströmt, wobei es durch die zu beiden Seiten der Röhre N liegenden Löcher A Luft mit in den Brenner einsaugt. Die Röhre N ist nun nach oben abgeschlossen, ringsum jedoch mit kleinen runden Löchern versehen. Sie wird von einem Mantel M umgeben. Dieser entsendet nach oben die Röhren R, welche als die Brenner für die Leuchtflamme zu betrachten sind. Auf dem Umfang seiner Seitenflächen besitzt der Mantel M Löcher, diese münden in einen Raum aus, welcher durch einen zweiten Mantel D mit dem ersten gebildet wird. Endlich folgt ein dritter Mantel C beziehungsweise C', welcher die ganze Anordnung umschließt; insbesondere wird durch C' eine hohle Kuppel gebildet, aus welcher die Brennerröhren R hervorschauen. Es ist noch hervorzuheben, daß die Teile M, D und C des Apparates aus feuerfestem Thon hergestellt sind.

Die Wirkungsweise der ganzen Anordnung ist die folgende. Der Bunsenbrenner B liefert, indem in denselben Gas einströmt, ein Leuchtgas-Luftgemisch, welches zunächst die Röhre N vollkommen anfüllt. Aus dieser wird es sodann, durch die seitlichen Löcher austretend, dem zwischen N und M liegenden Hohlraume mitgeteilt. Ein Teil des Gases entweicht aus den Brennern R, ein anderer strömt durch die Seitenöffnungen der Röhre M in den nächstfolgenden Raum, von wo aus das Gasgemisch durch die seitlich in der Höhe angebrachten Röhren T nach außen entweichen kann. Entzündet man das Gas an einer dieser Ausmündungen, so schlägt es zurück bis nach den kleinen Oeffnungen der Wand M, aus welchen es in nichtleuchtenden Flämmchen ruhig weiter brennt, während die Verbrennungsprodukte durch die Röhren T abziehen. Durch diese im Innern des Brenners

*) Journ. f. Gasbel. 1883.

entwickelten Heizflammen werden die naheliegenden Teile des Apparates stark erhitzt. Insbesondere wird dadurch das zwischen M und N aufsteigende Heizgas vorgewärmt, ehe es aus den Brennern R austritt. Die Luft, welche von außen zu den Flammen tritt, wird gleichfalls vorgewärmt. Sie muß nämlich zwischen den Mänteln D und C emporsteigen, deren erster unmittelbar von den Heizflämmchen getroffen wird; dann erfüllt sie die Kuppel unter C' und teilt sich von deren Dach aus den Flammenröhrchen R mit, indem sie dieselben umspült.

Die überaus heiße Flamme entwickelt sich nun innerhalb eines als Leuchtkörper dienenden leichten Geflechtes U. Dasselbe wurde ursprünglich aus feinem Platindraht hergestellt. Die neuere Konstruktion Clamonds bedient sich statt dessen eines Geflechtes aus Magnesiafäden, die in sehr feiner Form hergestellt werden können. Indem der Brenneraufsatz von der Heizflamme getroffen wird, gerät er in lebhaftes Glühen und entwickelt dabei ein blendend weißes Licht. Ein Glascylinder schützt dasselbe vor Luftzug und dadurch bedingter einseitiger Abkühlung, welche eine Unruhe des Lichtes hervorrufen würde.

Nach Versuchen Ouaglios betrug die mittels eines Clamondschen Brenners entwickelte Lichtmenge bei einem Gasverbrauch von 120 l 27 bis 30 Normalkerzen oder von je 4 l Gas 1 Kerze, das ist die doppelte Leistung wie bei der Verbrennung derselben Menge Gas aus gewöhnlichen Schnittbrennern. Reichard fand die Lichtstärke eines Brenners mit 180 l Gasverbrauch zu 41 Normalkerzen, d. i. für je 4,3 l Gas 1 Kerze; eine größere Sorte mit 500 l Gasverbrauch ergab 180 Kerzenstärken, d. i. für je 2,7 l Gas 1 Kerze. —

Gasglühlicht-Brenner von Auer. Von den eben besprochenen Incandescenz-Brennern hat keiner auch nur einigermaßen größere Verbreitung erlangen können, da sie die technische Aufgabe nicht vollkommen befriedigend lösten. Mit um so größerem Erfolg hat sich die von dem Wiener Chemiker Dr. Auer von Welsbach im Jahre 1885 erfundene Glühlicht-Beleuchtung eingeführt, die heute bereits überall zu treffen ist, wo Gas gebrannt wird, und die sogar auf Grund ihres sehr günstigen Nutzeffektes vielfach als ein wirksames Kampfmittel der elektrischen Beleuchtung, in Konkurrenz mit dieser, gegenübergestellt wird.

Das Wesentliche des Auerschen Gasglühlichts beruht weniger auf der Konstruktion des eigentlichen Brenners, Fig. 2 u. 3, Taf. 28, der von einem gewöhnlichen Bunsenbrenner nicht sehr verschieden ist, als in der Art des Glühkörpers. Dieser letztere ist nach zweierlei Richtung hin eigenartig: in seiner Form und dem Material, aus welchem er besteht. Die Herstellung geschieht kurz in der Weise, daß ein lockeres, strumpfförmiges Gewebe aus pflanzlicher Faser mit gewissen, noch näher zu bezeichnenden mineralischen Salzen getränkt, ausgetrocknet und verbrannt wird; das hinterbleibende Gerüste, von den Aschenbestandteilen gebildet, ist der Glühkörper. Wichtig sind dabei die zur Verwendung kommenden Salze. Auer untersuchte für seinen Zweck eine besondere, den Erdalkalien (Erden) angehörende Elementengruppe, welche die Chemie unter dem Sammelnamen der „seltenen Erdmetalle“ zusammenzufassen pflegt, und die in einigen Mineralien der nördlichen Erdhälfte gefunden werden. Von diesen enthält [illegible] Cerit die drei Metalle: Cerium, Lanthan und Didym[illegible] der Orangit [illegible]um; ein anderes wichtiges

Mineral, der Gadolinit, außerdem noch Yttrium und Erbium. Für die technische Aufbereitung das wichtigste Mineral ist in neuester Zeit der Monazit geworden, seines Gehaltes an 2 bis 3 Prozent Thorium und seines verbreiteteren Vorkommens wegen. Von anderen Elementengruppen kommt noch Zirkon und etwa Magnesia in Frage. Eine hervorstechende Eigenschaft all dieser Elemente ist das hohe Lichtemissionsvermögen ihrer Oxyde, indem diese in Weißglühhitze blendendes Licht ausstrahlen. Sie geben dabei im allgemeinen ein farbiges Licht; so z. B. leuchtet Lanthanoxyd, für sich allein erhitzt, gelb, Erbin und Zirkon grün. Durch geeignete Mischung der verschiedenen Substanzen hat man es in der Hand, mehr oder weniger rein weißes Licht zu erzielen; solche Gemenge sind z. B. 2 Tle. Lanthan, 1 Tl. Thorium, 2 Tle. Zirkon, oder auch 4 Tle. Thorium mit 1 Tl. Yttrium.

Zur Herstellung von Glühkörpern werden die genannten Elemente in Form ihrer salpetersauren Salze aufgelöst, in welche Flüssigkeit das oben erwähnte Gewebe, ein weitmaschiger Baumwollschlauch, eingetaucht wird. Das mit den Salzen getränkte und getrocknete Gewebe, auch als „Strumpf" bezeichnet, wird auf die Lampe aufgesetzt, bezw. erst ausgeweitet, und dann abgebrannt; es hinterbleibt nach dem Verbrennen des organischen Bestandteiles als Asche ein leichtes Gerüst von der Gestalt und Struktur des ursprünglichen Gewebes, bestehend aus den Oxyden der zum Imprägnieren des letzteren angewandten Salze. Dasselbe wirkt von nun ab als Glühkörper.

Wie die Farbe des Lichtes, hängt auch die Leuchtkraft von der Art der im Glühkörper enthaltenen seltenen Erden ab. Den günstigsten Lichteffekt soll das Gemisch aus 4 Tln. Thorium mit 1 Tl. Yttrium ergeben, dessen Leuchtfarbe eine weiße ist. Nach Mac Keans Untersuchungen geben die fraglichen „Leuchtmetalle" für sich in Glühlampen von 85 l stündlichem Gasverbrauch bei 25 mm Druck den folgenden Lichteffekt (Journ. f. Gasbel. 1893):

Thoriumoxyd . . .	26,3	Kerzenstärken.
Lanthanoxyd . . .	23,6	"
Yttriumoxyd . . .	19,2	"
Zirkonoxyd	12,8	"
Ceroxyd	4,1	"

Durch glücklich gewählte Mischungen der Einzelbestandteile werden merkwürdigerweise günstigere Resultate erzielt. Die heute in den Verkehr gebrachten Auerbrenner weisen die Leistungen auf:

bei 95 l Gasverbrauch 50 Kerzenstärken; d. i. 1 Kerzenstärke durch 1,9 l Gas.
„ 120 l „ 80 „ ; d. i. 1 „ „ 1,5 l „

Verschiedene Glühkörper geben verschiedene Resultate; als mittleres kann das von der physikalisch-technischen Reichsanstalt gefundene bezeichnet werden, wonach bei einem stündlichen Konsum von 112 l Gas bei 34 mm Gasdruck 57 Kerzen gefunden wurden (1,92 l gleich 1 Kerze).

Es sind dies die höchsten Werte, welche überhaupt durch einen praktisch verwertbaren Gasbeleuchtungskörper erreicht werden, und verlohnt sich dieserhalb ein kurzer Rückblick auf die wichtigsten Vertreter der anderen Lampensysteme. Um 1 Kerzenstärke Licht zu erzielen, wird der folgende stündliche Gasaufwand erforderlich: bei Schnittbrenner 11,5 l, bei Argandbrenner 10 l, bei Regenerativlampen (von Siemens) 6 bis herunter auf 3,7 l, bei Auerbrenner älterer Konstruktion 5,4 und 5 l, bei neuem Auerbrenner die obigen Zahlen 1,9 und 1,5 l.

Die [illegible] des [illegible]
sehr hohe. [illegible]
Änderung, [illegible]
ndert sich [illegible]
ig auf [illegible]
lich an [illegible]
Zörpers [illegible]
elbst [illegible]
Erfahrungen [illegible]
die [illegible]
Nach [illegible]
umpe [illegible]
ebene [illegible]
lose [illegible]
erlin. [illegible]
üblich: [illegible]
er [illegible]
der [illegible]
ein [illegible]
innigen [illegible]
hmbare [illegible]
bildend. [illegible]
sig [illegible]
nner [illegible]
Deutschen [illegible]
ie etwas [illegible]
Der eigentliche [illegible]
nners, [illegible]
auf beliebige Höhe [illegible]
n oberen Ende [illegible]
n einem Ring [illegible]
ne füllt [illegible]
tur besitzt, [illegible]
Cylinder [illegible]
den äußeren [illegible]
letztere hin und [illegible]
euchten des [illegible]
ürde.
der neueren Form [illegible]
er durch einen [illegible]
Metallkörper erhebt, [illegible]
as gegabelte obere Ende [illegible]
re ist mittels Abbe[illegible]
der vorübergehenden [illegible]
ndigkeit, von Zeit [illegible]
n versehen, [illegible]
Erfindung [illegible]
den. [illegible]

die 5 bis 6fache wie bei Rundbrennern, bei gleichem Gasaufwand. Gleichzeitig trägt das Auer'sche Gasglühlicht dem in neuerer Zeit besonders durch die elektrische Beleuchtung wachgewordenen Verlangen nach intensiverem Licht in vorzüglicher Weise Rechnung, nnd erscheint es durch seine erhebliche Billigkeit dazu berufen, in der Konkurrenz mit dem letzteren vorteilhaft zu bestehen.

Gasglühlicht-Brenner von Fahnehjelm. Wie der Auerbrenner für Steinkohlengas ist schon früher die Glühlampe des Schweden Fahnehjelm für die Wassergasbeleuchtung von Bedeutung geworden. Das an sich nichtleuchtende Wassergas wird, wie bereits angegeben, zu Beleuchtungszwecken entweder besonders karburiert, oder es wird nach der Art des Incandescenzlichtes verbrannt.

Der ursprünglich allein hierzu verwendbare Fahnehjelmsche Brenner besteht in der Anwendung eines sehr einfachen Glühkörpers, gebildet von einem Kamm von Stäbchen aus gewissen feuerfesten Materialien, welcher in einem gewöhnlichen Schnitt- oder Zweilochbrenner für Wassergas zum Glühen gebracht wird. Als Glühmasse kommen in Betracht Kaolin, Quarz, Kalk, Magnesia, Zirkon. Den Vorzug unter genannten Stoffen verdient die Magnesia. Zur Herstellung von Glühstäben wird das Material zunächst fein gepulvert und sodann mit einem Klebestoff, Stärkemehl oder arabischem Gummi, zu einen dicken Brei verarbeitet. Die entstehende plastische Masse wird mittels einer Presse in Stangenform gebracht, aus welcher man die Stücke von der gewünschten Länge der Glühstäbe abschneidet. Die letzteren werden getrocknet, sodann ausgeglüht.

Die gesamte Anordnung des Fahnehjelmschen Brenners geht aus der Fig. 4, Taf. 28, hervor. Der eigentliche Brenner ist hier ein Zweilochbrenner a, an dessen Stelle kommt wohl auch der Schnittbrenner zur Anwendung. Die Hülse des Brenners ist mit einem Schraubengewinde b versehen, in welchem ein wagerechtes Querstück c auf- und abwärts bewegt werden kann. Dasselbe gleitet mit einer Nase in eine Rinne, welche in der Längsrichtung der Brennerhülse die Gewinde des letzteren durchfurcht, so daß also das Querstück sich nicht um die Achse des Brenners drehen kann. Durch ein darunter befindliches Rädchen r mit Schraubenmutter wird die Höhenlage des Querstücks bestimmt. Das letztere ist an den Enden seiner beiden Arme mit je einer Hülse d ausgestattet, welche dazu dienen, den Glühkörper g mittels zweier an ihm befestigten Drähte zu tragen, indem man die letzteren einfach lose in die Hülsen steckt.

Die als Glühkörper dienende Vorrichtung besteht nun aus einem Blechbügel, durch dessen Scheitel der Draht gezogen ist, welcher die Vorrichtung mit dem Brenner verbindet. Die nach unten offene Höhlung des Bügels ist mit einem feuerfesten Kitt ausgefüllt, in welchen zwei Reihen von Magnesianadeln, 22 bis 24 an der Zahl, eingesteckt sind. Die Länge jeder Nadel beträgt $3^1/_2$ cm, ihre Dicke $1^1/_2$ mm. Die Glühkämme werden zu je 24 Stück in Büchsen verpackt in den Verkehr gegeben, in welchen sie durch eine einfache Vorrichtung festgehalten werden, die ein Zerbrechen der Nadeln durch gegenseitiges Aneinanderstoßen der Kämme verhütet.

Die Bedienung des beschriebenen Glühlichtbrenners ist eine äußerst einfache und kann von jedermann besorgt werden, da die Glühkörper keiner besonders sorgfältigen Behandlung bedürfen. Der Kamm wird auf den

Brenner aufgesteckt. Entzündet man nun die Wassergasflamme, so muß diese die einzelnen Nadeln des Brenners auf größere Länge bespülen; durch die Einrichtung der Schraube hat man es in der Hand, den Kamm entsprechend einzustellen. Die Magnesianadeln geraten in der Wassergasflamme in helle Weißglut, wobei sie ein sehr schönes Licht ausstrahlen. Auch dieser Glühkörper wird, wie derjenige des Auerschen Glühlichtes, allmählich in der Hitze zerstört. Bunte hat die Ansicht ausgesprochen, daß dabei beständig eine geringe Menge der Magnesia durch das Kohlenoxyd des Wassergases reduziert werde, indem sich metallisches Magnesium bildet, und daß nunmehr das letztere mit der reinen, weißen und lichtstarken Flamme verbrenne, welche gerade das Magnesiumlicht charakterisiert.

Die thatsächlich sich vollziehende Verzehrung des Glühkörpers gibt sich zu erkennen in dem Schwinden des Materials. Die einzelnen Nadeln werden dünner, namentlich an ihren stärker erhitzten unteren Enden. Diese spitzen sich daher allmählich zu und werden kürzer. Der damit sich vermindernden Leuchtkraft kann man leicht dadurch nachhelfen, daß man den ganzen Kamm tiefer in die Flamme einführt, was durch Herabschrauben der Mutter unterhalb des Querbalkens, auf welchem der Kamm befestigt ist, leicht bewirkt werden kann.

Uebrigens schreitet die Abnutzung der derben Magnesiumnadeln nur sehr langsam vorwärts; es vergehen 60 bis 80 Brennstunden, bevor überhaupt eine Verminderung der Leuchtkraft zu bemerken ist. Im Betrieb hält der Kamm 100 bis 120 Stunden. Der Preis eines Kammes beträgt dabei nur 15 Pf. (während für Erneuerung des Auerstrumpfes 2 Mk. bezahlt werden). Die Unterhaltungskosten sind daher sehr gering.

Der Glühlichtbrenner von Fahnehjelm kann für Steinkohlengas nicht gebraucht werden, da dessen (entleuchtete) Flamme nicht die erforderliche Temperatur besitzt, um die Magnesiastäbe auf Weißglut zu erhitzen; dieselbe beträgt blos etwa 1350° C. Die Temperatur der Wassergasflamme, welche zu 1700° angegeben wird, reicht dagegen hierzu aus. Ueber die entwickelte Lichtmenge liegt die Angabe vor, daß bei 150 l Gasverbrauch die Stunde anfänglich eine Leuchtkraft von 20 bis 22 Kerzen erzielt wird, nach 50 Brennstunden noch 15 Kerzen, entsprechend für 1 Kerze Licht 6,8 bis 7,5, bezw. 10 l Wassergas. —

Auch der Auersche Brenner ist in neuerer Zeit für Wassergasbeleuchtung nutzbar gemacht worden, nachdem die früheren Versuche damit fehlgeschlagen sind, aus dem Grunde, weil eine im Wassergas gewöhnlich in Spuren enthaltene flüchtige Eisenverbindung sich in fester Form auf den Strumpf niederschlug, und dadurch das Licht in kurzer Zeit erheblich abschwächte. Es gelingt aber, die Eisenverbindung des Gases durch besonderes Waschen mit Schwefelsäure zurückzuhalten, und erhält man in diesem Falle mittels Wassergas ein wirkungsvolles Auerlicht, dessen Dauer die nämliche ist, wie bei Anwendung von Steinkohlengas. Man erhält dann bei einem stündlichen Konsum von 80 l Gas (Auerbrenner V A) 23 Kerzen, mit 125 l Gas (Brenner IV B) 42 Kerzen Licht, das ist 1 Kerze durch 3,4 bezw. 2,7 l Gas. Die Kosten dieses Lichtes sind bei dem an sich schon niederen Preis des Wassergases (2 bis 4 Pf. das Kubikmeter; vergl. S. 253) geringer als die jeder anderen Beleuchtungsart; sie berechnen sich zu 1/12 der Kosten gewöhnlichen Gaslichts, zu 1/3 gegenüber Steinkohlengas-Auerlicht, und zu 1/18 gegenüber elektrischem Glühlicht. — Es steht zu erwarten,

daß unter diesen Verhältnissen das Wassergas nunmehr auch in Europa größere Verbreitung gewinnen wird, nachdem sich die Einführung des karburierten Gases als mit wirtschaftlichen Schwierigkeiten verbunden gezeigt hat, wie an anderer Stelle dargethan wurde.

Brenner-Regulatoren. Im Rohrnetze hat das Gas im allgemeinen denselben konstanten Druck, der ihm nach Verlassen des Gasometers durch den dort aufgestellten Regulator erteilt wird. Kleinere Druckschwankungen an den Verbrauchsstellen des Gases lassen sich aber durch diese Einrichtung nicht beseitigen. Wenn nämlich gleichzeitig mehrere Hähne eines Leitungsstranges geöffnet werden, so sinkt der Druck durch die große Gasentnahme, und jede einzelne Verbrauchsstelle empfängt so relativ weniger Gas. Dies kann unter Umständen recht störend wirken, namentlich bei den großen Regenerativ-Lampen, auch schon beim Argandbrenner und bei der vorhin beschriebenen Auerschen Gasglühlicht-Lampe; alle diese Konstruktionen sind auf einen gewissen höchsten Gasverbrauch berechnet, bei welchem allein sie hohen Nutzeffekt bieten. Andererseits können die großen Brenner leicht zu Gasverschwendung Anlaß geben, da jede Drucksteigerung über das notwendige Maß hinaus oft erheblichen Mehrverbrauch an Gas im Gefolge hat. Wenn letzteres auch gleichzeitig eine Steigerung des Lichtes bedingt, und dies nicht in ungünstigem Verhältnis, so kann ein wertvoller Gewinn darin nicht erblickt werden, schon aus dem Grunde nicht, weil die Veränderung der Lichtstärke, je nach dem zeitweiligen Druck, unangenehm empfunden wird.

Für den richtigen Gebrauch solcher Brennerkonstruktionen bedarf es daher besonderer Regulatoren, welche einen anfangs gegebenen höheren Druck auf den günstigen Maximaldruck reduzieren; dieselben bedingen, wie aus Vorangegangenem hervorgeht, gleichmäßiges Licht und bedeutende Ersparnis an Gas. Man schlägt nun zweierlei Wege ein, das Gas innerhalb einer in sich abgeschlossenen Beleuchtungsanlage (Haus, Stockwerk, Saal) zu regeln. Der eine besteht darin, daß man unmittelbar bei Beginn des betreffenden Rohrsystems, also hinter deren Gasmesser, einen Regulator in die Leitung einschaltet, oder auch — und dieser Weg wird einzuschlagen sein, wo erheblichere Druckschwankungen innerhalb dieses Rohrsystems selbst entstehen — man versieht jeden einzelnen Brenner mit einer Reguliervorrichtung.

Bezüglich der Wirkungsweise eines Regulators nach der ersten Art hat man sich zu vergegenwärtigen, daß das Gas nach seinem Durchgang durch diesen Apparat den ein für allemal bestimmten Druck innerhalb der Leitung im Hause besitzt, mögen nun daselbst einer oder alle Brenner geöffnet sein. Derartige Apparate besitzen im Großen und Ganzen dieselbe Konstruktion, wie die großen Regulatoren der Gasfabrik, nur daß sie den geringeren Dimensionen des Versorgungsgebietes entsprechend kleiner sind wie die letzteren. Man unterscheidet auch hier im allgemeinen zwischen trockenen (Membran-) und nassen (Glocken-) Regulatoren. Ihre Aufstellung erhalten sie, wie bereits hervorgehoben wurde, im Anschluß an die ganze Rohrleitung des Verbrauchsgebietes, innerhalb welches eine Regelung des Druckes erwünscht ist. Bezüglich der Konstruktion der hierzu dienenden Apparate kann hiernach auf die Fabrik-Regulatoren (S. 201) verwiesen werden. Immerhin soll an dieser Stelle ein Regulator Erwähnung finden, welcher ausschließlich zu dem gedachten Zwecke konstruiert ist und auch seiner Eigenart wegen Beachtung verdient.

Es ist dies der Regulator [illegible] die Fig. 5, Taf. 28, zu erkennen [illegible] des Apparats kann mit einem [illegible] schwankenden Druck der [illegible] anderen Rohrenden dienen zur [illegible] nimmt seinen Weg innerhalb des [illegible] Es tritt von einer Kammer aus [illegible] Querschnitt durch die Regul[illegible] werden mittels einer Stange [illegible] mit Quecksilber gefüllten [illegible] ten Gases steht. Die Glocke [illegible] Scheitel die Ventilstange [illegible] schließbaren Kapsel, innerhalb [illegible] werden kann, um der Glocke [illegible] Druck zu geben. —

Von den eigentlichen [illegible] Zahl von Konstruktionen. [illegible] wöhnlichen Schmetterlings[illegible] besteht darin, daß man der [illegible] Brennerkopfes oder [illegible] hindurchströmenden Gas [illegible] der sich in einem [illegible] geschwindigkeit des Gases. [illegible] mehrtem Druck nicht [illegible] in einem erheblich [illegible] eine Regulierung gegeben [illegible]

Eine genauere Regulierung [illegible] (z. B. der Straßenlaternen [illegible] durch erreichen, daß man [illegible] welches, nach Art der [illegible] öffnung mit wechselndem [illegible]

Regulator [illegible] eines derartigen [illegible] Metallkörper E, welcher [illegible] nen Gewindes an das [illegible] Nach oben [illegible] für den Brenner [illegible] mit einer kleinen [illegible] Ventilkörper k [illegible] mittels eines [illegible] Hülse [illegible] an die [illegible] welche [illegible] Gases [illegible] der Druck des [illegible] körper k [illegible] Dann [illegible] Schwimmer [illegible] diesem [illegible]

bleibenden Ausflußgeschwindigkeit des Gases aus dem Brenner zur Anschauung gelangt.

Durch die seitliche Bohrung M, verschließbar durch die Kappe T, kann das Gas von dem unteren Teil des Regulators unmittelbar in den oberen gelangen. Man hat es in der Hand, diesen Weg durch Einstellung der Schraube G teilweise zu öffnen oder ganz zu schließen. Die Regulierung des Gasdruckes findet auch noch in dem ersten Falle statt, man wird nur eine größere, jedoch sich gleichbleibende Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases erreichen.

Bezüglich der Verhältnisse, welche die Ruhelage des Schwimmers bedingen, hat man sich zu vergegenwärtigen, daß der Druckunterschied des Gases in Millimetern Wassersäule unterhalb und über dem Schwimmer gleich ist dem Gewicht des Schwimmers in Grammen auf den Quadratzentimeter seiner Fläche. Bezeichnet man daher dieses Gewicht mit g, die Fläche mit f, so ist der Druck d, mit welchem das Gas den Regulator verläßt

$$d = \frac{g}{f}.$$

Auf diesem Prinzip beruht die Wirkungsweise sämtlicher Gasdruckregler mit Schwimmern.

Brennerregulator des Eisenwerkes Gaggenau. Eine Reihe von Gasbrennerregulatoren verschiedener Konstruktion beruhen darauf, daß der sich hebende und senkende Schwimmer seitliche Oeffnungen eines durch die Schwimmerscheibe hindurchgeführten Röhrchens mehr oder weniger verschließt. Das Gas muß seinen Weg durch jene Oeffnungen nehmen, bevor es zum Brennerkopfe gelangt. Solche Regulatoren wurden namentlich von dem „Eisenwerke Gaggenau" in Baden zu einiger Vollkommenheit gebracht; es liegen über die Leistungen desselben in der Praxis günstige Ergebnisse vor.

Eine Konstruktionsform wird durch Fig. 7, Taf. 28, dargestellt. Das Regulatorgehäuse q wird hier gebildet aus zwei Hälften, die aufeinander geschraubt sind. Es empfängt seinen Gaszulaß von unten, der Brenner wird oben aufgeschraubt. Im Innern des Gehäuses ist eine nach unten offene Kapsel r angeordnet, welche oben seitliche Bohrungen besitzt. Die Schwimmerscheibe a kann sich lose in der Kapsel r auf- und abwärts bewegen. Rings um die Scheibe führt eine hohe Rampe, welche die Oeffnungen der Kapsel r zu verdecken vermag. Eine kleine Oeffnung d gestattet den Durchlaß des Gases durch die Scheibe, seine Größe bestimmt die Ausflußgeschwindigkeit des letzteren ein für allemal. Durch einen Ueberdruck des Gases gegen die Unterseite des Schwimmers wird dieser gehoben. In demselben Maße wie der Druck zunimmt, schiebt sich der Rand des Schwimmers mehr und mehr über die Seitenöffnungen des Gehäuses r, diese erfahren also eine Verengerung des Querschnittes, wodurch der Durchlaß des Gases vermindert wird. Es erfolgt auch hier eine Gleichgewichtslage, welche sich in der gleichbleibenden Ausflußgeschwindigkeit des Gases aus dem Brenner ausspricht.

Ein anderer, gleichfalls von dem Eisenwerke Gaggenau hergestellter [illegible]egulator ist Fig. 8, Taf. 28, im Querschnitt gegeben. Der-

be gelangt zur Anwendung, wo es sich darum handelt, das Gas von
en nach unten zu leiten, wie solches bei invertierten Regenerativ-Gasbren-
en und verschiedenen Intensivbrennern der Fall ist. Das Gas tritt, in
r Richtung der Pfeile, durch die Bohrung a des Apparates ein. Im
nern des letzteren befindet sich ein cylindrisches Gehäuse, in welches das
s von unten durch die Löcher b gelangen kann, um den unter der
chwimmerscheibe c befindlichen Raum anzufüllen. Es tritt von hier aus
das durch die Mitte des Schwimmers hindurchgeführte Röhrchen f.
ieses letztere besitzt weiterhin Oeffnungen, welche auf seinem Umfang
erhalb des Schwimmers angebracht sind. Sie dienen dazu, um
s aus dem oberen Raum des Schwimmergehäuses, welches diesem
rch die Oeffnung e, reguliert durch Schraube d, zugeführt wird, gleich-
ls in das Röhrchen f gelangen zu lassen. Diese Oeffnungen werden je
ch der durch den Gasdruck bestimmten Lage des Schwimmers mehr oder
eniger zugedeckt, worin die Regulierung des Gases besteht. Die einmal
gebene Stellung der Schraube d bestimmt einen gewissen Ueberdruck des
ases, wodurch die Menge des durch die Löcher nach dem Röhrchen ein-
strömenden Gases beliebig verändert werden kann, während sie sich aber
nn stets auf derselben Höhe erhält. Das von der unteren und oberen
bteilung des Schwimmergehäuses in das Röhrchen einfließende Gas tritt
urch die Oeffnung g des Röhrchens nach dem äußeren Raume h, um von
ier aus im weiteren Verlauf nach dem Brenner zu gelangen.

Der Glockenregler von Lux, Fig. 9, Taf. 28, wegen seiner äußeren
Gestalt so genannt, dient gleichfalls zur Regulierung des Gases bei nach unten
ängenden Lampen*). Er besteht aus zwei aus Metall gedrehten Teilen,
welche aufeinander geschraubt sind; der obere mit der Eintrittsöffnung A
ür das Gas, der untere mit dem Gasausfluß B; beide sind mit Mutter-
gewinden versehen, womit der Apparat in die Gasleitung eingeschraubt wird.
Ein Teil des Gases gelangt, nachdem es die Vorkammer C erreicht hat,
unmittelbar in den Hauptraum des Regulators, indem es die Oeffnung D
assiert. Dieser letzteren kann durch eine nach außen führende Schraube E
in für allemal ein bestimmter Querschnitt gegeben werden. Die größte
Menge des erforderlichen Gases findet hier seinen Durchgang, es darf nur
i einem zufälligen höchsten Druck des Gases in der Leitung diejenige
Menge überschreiten, welche dem Verbrauche der Lampe entspricht. Der
chwimmer L des Regulators wird getragen von einer Hülse K, welche
s Rohr J umfaßt und an demselben lose auf und nieder gleiten kann.
ieses Rohr ist mit seinem unteren Ende durch den Deckel des Apparates
führt, es mündet nach B aus. Sein oberes Ende ist durch eine Platte
geschlossen; jedoch ist es auf seinem Umfang mit Schlitzen versehen, durch
lche das in der Hauptkammer befindliche Gas eintreten kann.

Ein anderer, kleinerer Teil des Gases durchfließt von der Vorkammer C
s den engen Kanal F und erreicht die ringförmige Bohrung G des unte-
n Apparates, von wo aus Oeffnungen H in den Regulator führen und
ar nach dem Raume unterhalb der Schwimmerscheibe L. Diese letztere
steht aus Wellblech. Um ihre zentrale Führung zu sichern, gleitet sie mit
em Querschnitt ihres Randes in dem Stabe M. Das Gas steigt zwi-

*) Journ. f. Gasbel. 1891.

schen den Rändern des Schwimmers und der Wand der Glocke in den Hauptraum der letzteren auf und gelangt von hier aus gleichfalls durch das Rohr J weiter nach B. Je nach Maßgabe des herrschenden Druckes wird der Schwimmer mehr oder weniger emporgehoben und versperrt dementsprechend teilweise die oberen Schlitze des Rohres J, wodurch die Regulierung des der Lampe zuzuführenden Gases bedingt wird.

Beleuchtung mit komprimiertem Gas. Im Anschluß an die Regulierung des Druckes für das zur Verbrennung gelangende Leuchtgas sollen hier diejenigen Einrichtungen besprochen werden, bei welchen es sich darum handelt, unter sehr hohem Druck verdichtetes und aufgespeichertes Leuchtgas unmittelbar den Brennern gewöhnlicher Konstruktion zuzuführen, so daß es aus diesen mit der im allgemeinen üblichen, sich gleichbleibenden Ausflußgeschwindigkeit, entsprechend einem Drucke von etwa 15 Millimetern Wassersäule, ausfließt. Solche Einrichtungen sind von einer hervorragenden Bedeutung geworden für die Beleuchtung der Eisenbahnen, Leuchttürme, Bojen u. s. w., also diejenigen Verbrauchsgebiete, bei welchen man auf die Mitführung von Gas in geschlossenen Behältern angewiesen ist, sofern man auf Gasbeleuchtung Anspruch erhebt. Man preßt dann, der Raumersparnis wegen, das Gas unter einem Druck von 6 bis 8 Atmosphären in diesen Behältern zusammen, um dementsprechend sein Volumen auf ein erheblich kleineres Maß zu verringern; von den transportfähigen Behältern aus wird es unter vermindertem Druck den Lampen zugeführt.

Zu dieser Art der Beleuchtung konnte bisher nur das Fettgas in Frage kommen. Pintsch, welcher die Beleuchtung mit verdichtetem Gas für die Eisenbahnwagen einführte, hat besondere zu diesem Zwecke dienende Anlagen geschaffen, deren erster Teil, die Fabrikation des Oelgases bis zu dessen Ansammlung im Gasbehälter, unter dem betreffenden Abschnitt vorliegenden Werkes über Oelgas nachzuschlagen ist. Das Oelgas wird nun durch einen gleichzeitig als Saug- und Druckpumpe wirkenden Apparat zunächst aus dem Gasbehälter, für welchen zu dem gedachten Zwecke ein sehr bescheidener Umfang genügt, da er mehr nur wie ein Regulator zu wirken hat, nach einem Cylinder geleitet, in welchem durch Abkühlung die in dem Gase enthaltenen Wasserdämpfe, welche aus dem Gasbehälter aufgenommen wurden, wieder ausgeschieden werden sollen. Durch dieselbe Pumpe wird sodann das Gas in Sammelbehälter gedrückt, in welchen es in größeren Mengen unter Druck aufbewahrt werden kann. Auf dem Wege nach diesen Behältern ist eine Vorlage eingeschalten, in welcher sich die unter dem hohen Druck ausscheidenden schweren Kohlenwasserstoffe (namentlich Benzol), welche als vorzügliches Karburationsmittel für gewöhnliches Steinkohlengas verwendet werden (vergl. S. 40), ansammeln und durch einen Hahn von Zeit zu Zeit abgelassen werden können.

Als Sammelbehälter, deren 2 bis 4 mit einander verbunden Aufstellung finden, dienen alte Lokomotivkessel; dieselben besitzen einen Inhalt von etwa 4,5 cbm. Das Gas wird darin auf 8 bis 10 Atmosphären zusammengedrückt. Die Einmündung für das Gas ist daher mit einem Rückschlagventil versehen, einer Klappe, welche sich nach innen gegen den Behälter öffnet, bei mangelndem Gegendruck aber diese Oeffnung verschließt. Nach der anderen Richtung ist der Sammelbehälter mit Ventilen versehen,

durch welche das verdichtete Gas nach den Eisenbahnwagen abgeführt werden kann. Außerdem ist jeder Behälter mit einem Manometer ausgerüstet, welcher die Ablesung des herrschenden Druckes erlaubt.

Eine Rohrleitung führt das Gas von den Sammelbehältern bis zu einem bestimmten Geleise des Bahnhofes, wo die einzelnen Wagen, zu Zügen aufgestellt, mit Gas versorgt werden sollen. Von diesem Rohr aus erheben sich gußeiserne Ständer als einzelne Abzweigungen, welche an ihrem oberen Ende durch Ventile geöffnet und verschlossen werden können; diese sind längs des Geleises derart verteilt, daß jeder Ständer einem der Wagen entspricht, welche zu einem Zuge aneinander gereiht auf dem Geleise Aufstellung finden. Der Ständer wird mittels eines starken Gummischlauches mit dem bereits zu füllenden Behälter des Wagens verbunden und das Gas übergeleitet, bis das Manometer des Transportbehälters einen Druck von 6 Atmosphären zeigt. Dann werden die Ventile des Füllständers wie des Gasbehälters geschlossen und die Schlauchverbindung wieder gelöst. Die Füllung der Behälter für 8 Personen- und Gepäckwagen nimmt 5 bis 8 Minuten in Anspruch.

Die Form des Behälters (Rezipient) wie überhaupt die ganze Anordnung der Beleuchtungsanlage für einen Eisenbahnwagen, geht aus Fig. 10 bis 13, Taf. 28, hervor*), insbesondere gibt noch Fig. 12 die Einzelheiten des Behälters näher zu erkennen. Dieser ist aus Eisenblech von 5 mm Stärke hergestellt. Er besitzt eine cylindrische Form; die Naht ist durch eine doppelte Reihe von Nieten geschlossen, die gewölbten Böden sind eingeschraubt. Schließlich sind die Nähte des Behälters verlötet, der ganze Behälter selbst von innen und von außen verzinnt, um eine vollkommen sichere Dichtung zu erhalten. Jeder dieser Cylinder besitzt eine Länge von beiläufig 1,8 m und einen Durchmesser von 0,5 m. Auf den Böden des Cylinders ist je ein Rohrstutzen mit Ventil aufgeschraubt, welcher zur Einfüllung des Gases mit dem Gummischlauch verkuppelt wird. Diese hervorstehenden Rohrstücke umgibt ein verschließbares Gehäuse, welches die Röhren vor der gewaltsamen Zerstörung schützt. Die Abbildung zeigt die beiden Böden des Behälters von der Seite; der eine (links) mit freiliegender Gaszuleitung, der andere verschlossen. Dazwischen ist die Ansicht eines Bodens gezeichnet mit der Gaszuleitung a und der Ableitung b. Der Gasbehälter wird in wagerechter Lage parallel zur Achse des Eisenbahnwagens unter diesem befestigt. Kommen bei größerem Gasbedarf zwei Behälter zur Anwendung, so werden diese durch ein 6 mm weites Eisenrohr miteinander verbunden, von diesem leitet dann ein 4 mm starkes Kupferrohr das Gas weiter.

Das Gas wird zunächst in einen Regulator geleitet, welcher unmittelbar unter dem Boden des Wagens angeordnet ist und dazu dient, das unter höherem Atmosphärendruck befindliche Gas unter dem gebräuchlichen verminderten Druck von 15 mm weiter zu lassen. Die Einrichtung des Regulators wird durch Fig. 11 veranschaulicht, seine äußere Gestalt ist an Fig. 10 zu erkennen. Der Apparat besteht aus einem topfartigen Gefäß aus Gußeisen, welches gegen oben durch Blechdeckel abgeschlossen ist, um das Hereinfallen von Unreinigkeiten u. s. f. zu verhüten. Quer über dieses Gefäß ist eine Membrane M gespannt, welche unter dem Druck des regulierten Gases ihre Lage einnimmt. Sie trägt in ihrer Mitte, durch Metallscheiben festgehalten, eine Zugstange Z, mit welcher sie gelenkig

*) Journ. f. Gasbel. 1874.

verbunden ist und welche auf das Ende eines einarmigen Hebels H wirkt. Dieser letztere hat seinen Drehpunkt in einem Scharnier bei D. Sein Gewicht ist mittels einer Feder F ausbalanciert. Nun setzt der Hebel ganz in der Nähe seines Drehpunktes ein Kolbenventil V in Bewegung, welches die Einströmungsöffnung des Gases in den Regulator mehr oder weniger zu verschließen vermag. Das vom Behälter kommende Gas, welches dem Regulator seitlich zugeführt wird, kann daher in den letzteren jeweils nur mit derjenigen Geschwindigkeit einströmen, welche der Größe der Oeffnung entspricht. Die Wirkungsweise der Regulierung wird hieraus ohne weiteres verständlich. Es ist jeweils der Druck innerhalb des Regulators auf die Membrane, welcher dem Kolbenventil die Stellung gibt. Man sieht auch, daß der hohe Druck auf das letztere mit Leichtigkeit überwunden werden kann, einmal durch die wirksame Hebelübersetzung und dann durch den Druck des regulierten Gases auf die große Fläche der Membrane, gegen welche die Oberfläche des Ventils nur einen geringen Bruchteil beträgt. Es zeigt sich auch in der That, daß die Regulierung des Gasdrucks mittels der beschriebenen Vorkehrung eine durchaus zuverlässige und stets gleichbleibende ist. Das regulierte Gas gelangt aus dem Regulator mittels einer 1/4 zölligen Leitung nach den Beleuchtungsapparaten. Den Weg dahin nimmt die Leitung auf der Außenseite des Wagens, so daß also eine Gefahr durch ausströmendes Gas für die Passagiere nicht vorhanden ist. Auf dem Dache des Wagens zweigen von der Leitung nach der Seite hin Röhren ab, welche die einzelnen Laternen speisen. Diese Abzweigung ist durch ein Kugelgelenk mit dem Rohre verbunden, damit sie aus der Laterne herausgeklappt werden kann, wenn letztere gereinigt werden soll.

Die Konstruktion der Laterne ist, wie Fig. 13, Taf. 28, zeigt, eine äußerst einfache. Sie wird gebildet durch ein ringförmiges Eisengußstück, welches gegen unten, dem Innern des Wagens zu (vergl. Fig. 10), durch eine starke Glasglocke abgeschlossen ist, während es sich nach oben in einen Aufsatz aus Eisenblech fortsetzt, welcher der Flamme die Verbrennungsluft zuführt und die verbrannten Gase entfernt. Die erstgenannte, untere Hälfte der Laterne sitzt fest in der Decke des Wagens; die obere Hälfte, der Deckel, ist in Scharnieren befestigt aufgesetzt und kann aufgeklappt werden, wodurch sich die Reinigung der Lampe zu einer höchst einfachen gestaltet. Die Flamme wird von einem Specksteinbrenner geliefert. Oberhalb derselben ist in dem Gehäuse ein Reflektor aus emailliertem Eisen angeordnet, durch dessen Mitte hindurch ein seitlich zusammengedrückter Blechcylinder hindurchgeführt ist, welcher die Verbrennungsgase der Flamme ableitet.

B. Die Gas-Heizapparate.

Verwendung des Gases zu Heizzwecken. Die Versorgung der Städte mit Gas zum Zwecke des Heizens gewinnt immer mehr an Bedeutung in dem Maße, wie sich der Preis für das Heizgas verringert. Es *liegt* im höchsten Interesse der Gasindustrie, nach dieser Richtung hin sich

ein möglichst großes Absatzgebiet zu sichern, da ihr damit das Mittel an die Hand gegeben ist, sich der Elektrizität gegenüber ein unbestrittenes Feld zu erobern. Die Gasheizung besitzt in bestimmter Anwendung ganz entschiedene Vorzüge jeder anderen Heizungsart gegenüber. Sämtliche Verbrauchsstellen werden von einer für die ganze Stadt gemeinschaftlichen Anlage versorgt, gleichzeitig mit der Gasversorgung für Leuchtzwecke. Es wird hierdurch vor allem die Notwendigkeit umgangen, Brennmaterial auf Vorrat zu halten, womit auch alle damit verbundenen Unannehmlichkeiten vermieden sind, die Raumerfordernis, der Transport, die Verunreinigung durch das Brennmaterial und die Rückstände. Den wichtigsten Vorteil bringt die Art der Verbrennung selbst mit sich. Die Verbrennung des Gases vollzieht sich stets als eine vollkommene, sei es, daß es als Leuchtgas mit lichtgebender oder entleuchteter Flamme, sei es, daß es als Wassergas gebrannt wird.

Die Verwendung des Gases zu Heizzwecken hat sich namentlich durch ihre außerordentliche Bequemlichkeit im Haushalte Beliebtheit verschafft. Im Bedürfnisfalle öffnet man einfach den Gashahn, das entzündete Gas übt sofort seine volle Wirkung aus. Keine andere Heizungsweise liefert eine so sich gleichbleibende Flamme, keine gestattet eine so vollkommene Regulierung der erforderlichen Wärme, keine gestattet einen sofortigen Abbruch, wenn die Wärme nicht mehr erforderlich ist, keine entwickelt ihre Wärme auf einem verhältnismäßig so engen Raum, wie das brennende Gas. Insbesondere erlaubt es der letzterwähnte Umstand, den meisten Heizapparaten eine äußerst gedrängte Form zu geben, so daß auch in dieser Beziehung die Gasheizung eine Raumersparnis zu bedeuten hat. Es wird hierdurch eine äußerst ökonomische Handhabung des Brennstoffs erzielt, die in manchen Fällen, trotz der hohen Gaspreise, anderen Heizungsmethoden gegenüber billiger zu stehen kommt.

Alle diese Punkte, zu welchen sich noch eine Reihe anderer zu gunsten des Gases hinzufügen ließen — z. B. die Rauchlosigkeit, die Verwendung des Gases zu Kraftzwecken, welche hier nicht einmal näher behandelt werden soll — vereinigen sich, um die Verwendung des Gases zu Heizzwecken als das Ideal der Heizungsfrage erscheinen zu lassen. Dahin geht auch das fachmännische Urteil des auf dem Heizungsgebiet so verdienstvollen Wilhelm Siemens, indem er schon vor 25 Jahren aussprach, daß er die unmittelbare Benutzung der rohen Kohle zu irgend welchem Zwecke für geradezu barbarisch halte; er glaube auch, daß die Zeit kommen wird, in der alles rohe Brennmaterial bereits in seine Bestandteile zerlegt sein wird, ehe es unsere Wohnungen erreicht.

Es liegt sehr nahe, ein und dieselbe Gasart gleichzeitig zu beiderlei Zwecken, dem der Beleuchtung und dem der Heizung, in Anwendung zu bringen; ein derartiges System erfordert nur eine einzige Anlage zur Bereitung, ein einziges Rohrnetz zur Verteilung des Gases und haben wir bereits bei Gelegenheit der Besprechung von Tag- und Nachtgas (S. 295) gesehen, daß eine wesentliche Erweiterung der Anlagen durch die Versorgung des Beleuchtungsgebietes auch mit Heizgas (und Kraftgas) nur in Ausnahmefällen erforderlich wird. Welche Gasart nun für die gleichzeitige Verwendung zu Beleuchtungs- und Heizungszwecken zu wählen ist, kann nicht ohne weiteres entschieden werden. Die Wahl beschränkt sich jedoch auf das leuchtende Steinkohlengas einerseits und das nichtleuchtende Wassergas andererseits. Das erstere kann ebensowohl zum Zwecke der Heizung mittels ge-

eigneter Brenner nichtleuchtend verbrannt werden, wie das letztere gleichfalls durch besondere Brennerkonstruktionen, die wir als Gasglühlampen kennen gelernt haben, zur Beleuchtung verwendet werden kann.

Will man nun die beiden Gasarten im Hinblick auf ihre Heizwirkung, die uns hier interessiert, einem näheren Vergleich unterziehen, so ergibt sich hierfür aus der Betrachtung ihrer Brennwerte der beste Anhaltspunkt. Durch die Verbrennung von 1 cbm Leuchtgas erhält man ungefähr dieselbe Wärmemenge, wie durch 2 cbm Wassergas; man muß daher bei letzterem die Dimensionen der Gasleitungsröhren der doppelten Gasmenge anpassen, wenn man denselben Zweck erreichen will, wie bei Leuchtgas.

Die Heizbrenner. Die Entleuchtung des Steinkohlengases besteht darin, wie sich schon mehrmals zu bemerken die Gelegenheit gab, daß das Leuchtgas mit Luft gemischt der Brenneröffnung zugeführt wird. Aus der letzteren austretend verbrennt dann das entzündete Gas mit nichtleuchtender Flamme. Nicht unter allen Bedingungen jedoch kann auf solche Weise eine Flamme erzielt werden. Es wird vorausgesetzt, daß die Geschwindigkeit des ausströmenden Gasluft-Gemisches größer ist, als die demselben zukommende Entzündungsgeschwindigkeit. Unter der letzteren hat man die Geschwindigkeit zu verstehen, mit welcher sich die Verbrennung eines bestimmten Luftgas-Gemisches bei bestimmter Temperatur von einem Punkt nach dem anderen fortbewegt. Dieselbe ist z. B. bei einem Gemisch von Wasserstoff und Luft um erhebliches größer als bei Leuchtgas und Luft bei entsprechenden Mischungsverhältnissen.

Die Entzündungsgeschwindigkeit eines Gasgemisches ist am größten, wenn dasselbe reines Knallgas darstellt; bei Steinkohlengas, wenn 1 Vol. mit dem 5,5 fachen Vol. Luft gemengt ist (1 cbm Gas somit auf 5,5 cbm oder 7 kg Luft). Eine solche Mischung darf bei Heizbrennern nicht hergestellt werden, weil die Flamme dann „zurückschlägt“ und über der inneren Ausströmungsöffnung des Gases leuchtend fortbrennt. Man darf nicht über die Beimengung von 2 Teilen Luft auf 1 Teil Gas hinausgehen, wenn man ein Rückschlagen der Flamme vermeiden will. Ein solches Gemenge brennt für sich noch nicht (in sich selbst brennbar und explosibel wird das Gemenge erst beim Verhältnis von 4 Luft zu 1 Gas); es muß ihm von außen noch Luft zuströmen, damit es brenne. Man kann die beigemengte Luft als die primäre Verbrennungsluft bezeichnen; ihre Menge genügt, um die Ausscheidung des Kohlenstoffs aus den in der Hitze sich zersetzenden schweren Kohlenwasserstoffen zu verhüten, indem sie denselben sofort zu nichtleuchtenden Gasen verbrennt. Die vollständige Verbrennung des Gases kann sich dagegen erst vollziehen, wenn die Flamme sich frei in der Atmosphäre entwickelt, welche hier die sekundäre Verbrennungsluft bildet und selbstredend im Ueberschuß vorhanden ist.

Der Bunsenbrenner. Die einfachste und zugleich die älteste praktische Brennerkonstruktion, welcher sämtliche übrigen Gasheizbrenner zu Grunde liegen, ist der Brenner von Bunsen*). An der Hand der Zeichnung, Fig. 1, Taf. 29, soll derselbe beschrieben und zugleich seine Wirkungsweise auseinander gesetzt werden. Der Brenner besteht im wesentlichen aus zwei Teilen b und c, welche für gewöhnlich durch Verschraubung mit einander verbunden, zur Reinigung der inneren Teile des Brenners jedoch leicht

*) Siehe Dingl. pol. Journ. 1855, Bd. 143, S. 340.

auseinander genommen werden können. Der untere Teil b des Brenners ruht auf einem breiten, schweren Fuß; er besteht in einer äußeren Kapsel, welche auf ihrem Umfang zwei Oeffnungen besitzt für den Luftzulaß. Man findet häufig die Anordnung, daß der Teil b von einer Hülse d lose umschlossen ist, welche den Oeffnungen der Kapsel entsprechende Ausschnitte besitzt. Durch Drehen dieser Hülse kann der Querschnitt des Luftzulasses nach Belieben geregelt, der letztere auch gänzlich abgesperrt werden. Dieser Teil setzt sich fort in die aufgeschraubte Brennerröhre c. Innerhalb der Kapsel erhebt sich das dünne Gaszuführungsrohr a mit einer engen Ausströmungsöffnung. Das Gas wird dem Brenner durch einen seitlichen Rohransatz zugeleitet, der mittels Gummischlauches an eine beliebige Gasleitung angeschlossen werden kann.

Der innere Brenner a entwickelt, wenn die Brennerröhre c abgenommen ist, die lange, lanzettliche Flamme eines Einlochbrenners; dieselbe ist natürlich eine leuchtende. Läßt man jedoch bei aufgesetztem Rohre c aus dem inneren Brenner Gas ausströmen, so reißt dieses, indem es in dem Rohre in die Höhe steigt, Luft mit sich, welche durch die seitlichen Oeffnungen am Fuße des Brenners in dessen Inneres gelangt. Das Gas mischt sich hierbei sofort mit der Luft, und wenn jetzt das oben aus dem Brennerrohr austretende Gasgemisch entzündet wird, so brennt es hier mit stetiger, nichtleuchtender Flamme. Die Bunsenflamme hat die Eigenschaft zu rauschen, sobald die Luftzufuhr eine bestimmte Grenze überschreitet. Das Geräusch verschwindet aber, wenn man durch Zustellen der unteren Oeffnungen den Lufteinlaß beschränkt, oder wenn man das Brennerrohr höher macht; auch dann, wenn man in die Ausmündung dieses Rohres einen Körper einsetzt, welcher dem Gas nur noch einen ringförmigen Durchgang freiläßt (Auerbrenner nach Pintsch; vergl. S. 327).

Wird der Gashahn allmählich zugedreht, so steigt das Verhältnis von Luft zu Gas, so daß endlich ein Knallgasgemisch entsteht, welches jetzt die Entzündung nach der Ausströmungsöffnung des Gases innerhalb des Rohres fortpflanzt („das Zurückschlagen). Man nimmt an der zurückgeschlagenen Flamme einen eigenartigen, scharfen, zu Husten reizenden Geruch war. Derselbe ist zurückzuführen auf die Bildung von Acetylen, welches durch die unvollkommene Verbrennung des Gases entsteht, indem dasselbe, innerhalb der Röhre brennend, die zu seiner vollkommenen Verbrennung erforderliche Luftmenge nicht mehr erreichen kann.

Die Flamme des Bunsenbrenners entwickelt keineswegs mehr Wärme, wie vielfach angenommen wird, als die Verbrennung einer gleich großen Gasmenge ohne Beimischung von Luft. Die entwickelten Wärmemengen sind in dem einen wie in dem anderen Falle ganz genau dieselben. Der Vorzug der entleuchteten Gasflamme ist vielmehr in ganz anderen Ursachen zu suchen. Er kommt zur Geltung in allen denjenigen Fällen, wo kalte Gegenstände zwecks deren Erhitzung mit der Flamme direkt in Berührung gebracht werden sollen. Die leuchtende Gasflamme scheidet dann auf den Gegenständen Ruß ab, da die Flammentemperatur durch die Abkühlung soweit herabgedrückt wird, daß die glühenden Kohlenstoffpartikelchen nicht weiter verbrennen. Die Rußbildung hat den Hauptnachteil im Gefolge, daß die beschlagenen Gegenstände wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit des Kohlenstoffs nicht mehr so leicht erhitzt werden und daß sie häufig einer besonderen Reinigung bedürfen. Ferner bedeutet diesel[illegible] [illegible]irekten

Verlust an Heizstoff, entsprechend der Menge des ausgeschiedenen unverbrannten Kohlenstoffs. Außerdem verbreitet sich durch die unvollkommene Verbrennung übelriechender Ruß in der Luft. Für gewisse Heizoperationen eignet sich die leuchtende Gasflamme auch dadurch weniger, daß sie durch Strahlung zu viel Wärme abgibt, welche das Heizobjekt nicht trifft und so für die Benutzung verloren geht.

Der Bunsenbrenner hat in der beschriebenen Form eine große Verbreitung gefunden, für das chemische Laboratorium ist er geradezu unentbehrlich geworden. Verbesserungen ist der einfache Apparat kaum fähig und hat er sich auch fast unverändert in seiner ursprünglichen Form erhalten. Der wichtigste Punkt, worauf es bei der richtigen Arbeitsweise des Brenners ankommt, ist das Verhältnis der dem Gase zugeführten Luft; dieses kann aber von dem Konsumenten selbst jeweils durch die Regelung des Luftzutrittes auf das richtige Maß gebracht werden, so daß daher in konstruktiver Hinsicht diesem Brenner nicht ein Vorteil einem anderen gegenüber verliehen werden kann. Dies ist schon aus dem Grunde nicht wohl angängig, weil die Menge der beizumischenden Luft jeweils nach der Beschaffenheit des zur Verwendung gelangenden Gases zu bemessen ist. Für Steinkohlengas mittlerer Zusammensetzung wird diese Menge auf die annähernd doppelte Raummenge des verbrennenden Gases angegeben. Mit steigendem Gehalt des Gases an schweren Kohlenwasserstoffen wird eine entsprechend größere Luftmenge erforderlich, und es reichen daher in den meisten Fällen die für Steinkohlengas berechneten Bunsenbrenner nicht mehr aus für die Verbrennung von Oelgas, welches sich bekanntlich durch seinen hohen Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen auszeichnet; für diesen besonderen Fall hat man daher eigene Brenner konstruiert, welche sich von den gewöhnlichen Bunsenbrennern nur durch andere Größenverhältnisse unterscheiden, nämlich ein weiteres Brennerrohr und einen weiteren Querschnitt für die Oeffnungen der Luftzuführung.

Eine neuere Form von Bunsenbrennern wird durch die Fig. 2, Taf. 29, dargestellt; dieselbe wird von Meißner in Leipzig gefertigt. Der Brenner unterscheidet sich von den gewöhnlichen Konstruktionen zunächst durch die Art der Luftzuführung. Der innere Kegel, aus dessen Bohrung das Gas austritt, ist nach allen Seiten frei; er wird nur gehalten durch das Zuleitungsrohr, welches das Gas von der Seite her dem Brenner zuführt. Er besitzt eine breite Grundfläche, welche das eigentliche Brennerrohr vollständig zu verschließen vermag. Dieses kann nämlich durch ein Schraubengewinde in der Hülse auf- und abwärts bewegt werden, welche den Kegel umschließt. Indem es sich der Grundfläche des letzteren nähert, wird der hier vorhandene Zwischenraum für den Lufteinlaß mehr und mehr verengert und kann dadurch die Regulierung desselben bewirkt werden. Ein an dem Brennerrohre angesetzter Ring mit geriffeltem Rande erleichtert die Drehung des Rohres in dem Schraubengewinde.

Eine weitere Eigenart des Brenners besteht in der Form der Brenneröffnung. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, ist das Brennerrohr an seinem oberen Rande eingebogen und mit zackigen Schlitzen versehen, wodurch die Ausmündung einen sternförmigen Querschnitt gewinnt. Es soll hierdurch erreicht werden, daß die kleingedrehte Flamme nicht so leicht zurückschlägt, wie dies bei den gewöhnlichen Bunsenbrennern der Fall ist. —

Der Bunsenbrenner, auch die soeben beschriebene Form desselben, verbraucht bei einer Lochweite des inneren Kegels von 1,25 mm und einem Gasdruck von 30 mm in der Brennstunde 90 bis 110 l Gas.

Wo größere Wärmequellen verlangt werden, zu Vornahmen in Laboratorien, gewerblichen Betrieben ꝛc., bringt man vielfach eine größere Anzahl einfacher Bunsenbrenner zur Anwendung, welche in der Form eines Bündels zu einem einzigen Heizapparat verbunden sind und das Gas durch eine für alle Brenner gemeinschaftliche Zuführung erhalten. Man konstruiert derartige Apparate mit einer mindesten Anzahl von 3 Brennern, man begegnet aber auch solchen mit 15 Brennern. Bei diesen sind dann die einzelnen Brennerröhren in zwei konzentrischen Ringen angeordnet, der innere zu 5, der äußere zu 10 Brennern.

Die älteste, von Elster stammende Form eines Heizbrenners, die aber in der ursprünglichen Gestalt niemals größere praktische Bedeutung erlangt hat, bestand in der Anwendung eines oben mit Drahtsiebe überspannten, unten offenen Cylinders, in welchen man von unten Leuchtgas einströmen ließ. Dasselbe mengt sich in dem Cylinder mit Luft; indem es über dem Drahtnetz heraustritt, kann es hier entzündet werden, es brennt mit nichtleuchtender Flamme, ohne zurückzuschlagen. Letztere Erscheinung, von der auch noch andere praktische Anwendungen gemacht sind, ist dahin zu erklären, daß die Flamme an ihrem unteren Teil von dem Metallsieb fortwährend derart abgekühlt wird, daß ihre Temperatur an dieser Stelle nicht mehr ausreicht, um hinter dem Sieb das Gas-Luftgemisch zur Entzündung zu bringen. In der That schlägt die Flamme dennoch zurück, wenn man das Metallsieb besonders erhitzt. Auf dem beschriebenen Wege ist es möglich, dem Gase zur Verbrennung mehr Luft beizumengen, als beim gewöhnlichen Bunsenbrenner, und es sind daher auch größere Heizwirkungen zu erzielen.

Das im vorstehenden geschilderte Prinzip der lichtlosen Gasverbrennung ist neuerdings von Muencke wieder aufgenommen worden zur Konstruktion eines Heizbrenners, der Fig. 3, Taf. 29, abgebildet ist. Gaszuführung B mündet in den Brennerkegel C. Letzterer wird umgeben von Hülse D, die mit langen Schlitzen für den Eintritt der Luft versehen ist. Brennerrohr E kann mittels der als Handhabe dienenden Scheibe M auf der Hülse D verschoben werden, wodurch sich die Weite des Lufteinlasses bestimmt. Oben endigt das Brennerrohr mit einer trichterartigen Erweiterung F, die mit dem halbkugelig geformten Drahtnetz P verschlossen ist. Zum Schutze gegen Luftzug wird die Flamme mit einem konisch geformten Blechmantel umgeben (wie solche auch beim Bunsenbrenner oft in Anwendung kommen); er wird gehalten durch einen einseitig geschlitzten Ring G mittels dreier Träger aus Draht. Der Mantel kann längs des Rohres E verschoben werden.

Der Brenner wird in Thätigkeit gesetzt bei tiefgestelltem Brennerrohr, das dann hochgezogen wird, wobei die Flamme immer kleiner wird, in dem Maße, wie sich das Gas mit mehr Luft mischt. Nach des Konstrukteurs Angabe kann in der Flamme ein Kupferdraht von 5 mm Dicke innerhalb 5 Minuten abgeschmolzen werden (Journ. für Gasb. 1882).

Gebläselampe. Größere Heizwirkungen, als mit dem Bunsenbrenner, lassen sich durch die Gebläselampe (Glasbläserlampe) erzielen. Auch bei dieser Heizvorrichtung können dem Gase zu seiner Verbrennung größere Mengen Luft beigemischt werden. Es geschieht dies dadurch, daß man die

Verbrennungsluft unter erhöhtem Druck zuführt, jedoch erst an der Stelle zu den Gas treten läßt, an welcher die Verbrennung ihren Anfang nimmt; so daß ein Zurückschlagen hier überhaupt nicht möglich ist. Der hierfür erforderliche Apparat ist Fig. 4, Taf. 29, abgebildet. Der Brenner wird gebildet aus zwei konzentrisch ineinander liegenden Röhren, deren inneres für Zuführung der Luft, das äußere für Gas dient; beide können durch Gummischläuche mit der Gasleitung beziehungsweise einem Preßluftapparat verbunden werden; das äußere Rohr besitzt hierfür einen seitlichen Ansatz.

Zur Schaffung von Preßluft dient häufig ein Blasebalg, zum Treten eingerichtet. Bequemer ist das sogenannte Wasserstrahlgebläse, ein dem Körtingschen Dampfstrahlgebläse (S. 127) ähnlich wirkender Apparat. Dieser ist an eine Wasserleitung mit hohem Druck anzuschließen; das den Apparat passierende Wasser saugt durch einen seitlichen Rohrstutzen Luft an, um dieselbe an der Ausmündung mit dem Wasser wieder auszustoßen. Aus einem hier angebrachten Sammelgefäß fließt das Wasser unter hydraulischem Verschluß ab; die Luft wird durch ein von oben abzweigendes Rohr nach dem Brenner geleitet.

Die Gebläselampe findet vielfach Verwendung in chemischen und physikalischen Laboratorien, in welchen sie nie fehlt. Auch bedient man sich derselben in ausgedehnter Weise in der Glasbläserei; ferner bei der Edelschmuckfabrikation u. s. f.

Heizapparate zum Kochen. Für die Zwecke des Kochens im Haushalt kann der gewöhnliche Bunsenbrenner Verwendung finden. Etwas unbequem ist hier nur seine Höhe, es bedarf eines entsprechend hohen Gestelles, um Gefäße zwecks des Erhitzens darauf zu stellen. Dies führte schon frühzeitig zu zweckmäßigerer Gestaltung der für Kochzwecke dienenden Heizapparate.

Man hat, erst nur für Laboratoriumszwecke, dann aber auch für den praktischen Gebrauch in Gewerbebetrieben nnd des Hauses größere Brenner nach dem Bunsenschen Prinzip gebaut, von der Beschaffenheit, daß das Gas in einem horizontal geführten Rohre mit Luft gemischt wird. Dieses Brennerrohr mündet in eine größere Kapsel, deren nach oben gewölbte Decke zahlreiche kleine Löcher besitzt, aus welchen das Gasgemisch austretend mit nichtleuchtender Flamme brennt. Der ganze Apparat besitzt nur geringe Höhe, mit einem dreifußartigen Gestell ausgestattet eignet er sich besonders gut zum Aufstellen von Töpfen zc. (Kugelbrenner). Eine andere Form zeigt an Stelle der Kapsel einen Röhrenkranz mit Löchern für den Gasaustritt (Ringbrenner). Außerdem gibt es noch eine Anzahl ähnlicher Konstruktionen, die entweder in Gestalt einzelner Brenner oder in Kombination mehrerer nebeneinander angeordneter Brenner als Heizapparate für Kochzwecke gebaut werden.

Heizbrenner von Wobbe. Ingenieur und Gasdirektor Wobbe hat Brenner konstruiert, deren Prinzip an der Hand der Zeichnung Fig. 5, Taf. 29, klar zu machen ist. In das wagerecht liegende Mischrohr strömt das Gas ein durch Düse d, wobei es aus den seitlichen Oeffnungen Luft mit sich reißt. Charakteristisch für den Brenner ist die Ausströmungsöffnung. Ueber dem an seinem Ende nach oben trompetenartig sich erweiternden Brennerrohr ist eine Platte mittels dreier Stifte derart verbunden, daß sie leicht auf und nieder bewegt werden kann. Die Weite des ringsherum offen bleibenden Schlitzes s für den Gasdurchlaß kann durch eine Flügelschraube f

reguliert werden. Die Weite der Düse d bedingt die Menge des zufließenden Gases; durch die Schlitzweite bei s wird bedingt, daß hier das Gas mit mehr oder weniger Luft gemengt austritt. Es soll möglichst vollkommene Verbrennung bewirkt werden, ohne daß jedoch die Flamme zurückschlägt. Die letztere brennt in einem ringförmigen Kranze, sie besitzt größere Steifigkeit, als die des vorerwähnten Kugel- oder Ringbrenners.

Ein solcher Heizbrenner in gebrauchsfertiger Form wird durch Fig. 6, Taf. 29, veranschaulicht. Der eigentliche Brenner bildet mit dem dreifußartigen Gestell zum Aufstellen der Töpfe 2c. ein Stück. Kombinierte Kochapparate, aus zwei und mehr Brennern bestehend mit gemeinsamer Armatur, als Gasherde zu bezeichnen, werden gleichfalls nach dem Wobbeschen Prinzip angefertigt. Außerdem gibt es noch Formen mit aufrecht stehendem Brennerrohr; dieselben sollen sich namentlich für Oel- oder Holzgas eignen.

Dessauer Heizbrenner. Um die Förderung des Kochens mit Gas hat sich die „Deutsche Kontinental-Gasgesellschaft" in Dessau ganz besonders verdient gemacht. Aus ihrer Werkstätte gingen eine Reihe sehr brauchbarer Apparate hervor, die vielfach vorbildlich geworden sind. Ein einfacher Heizbrenner wird durch Fig. 7 bis 9, Taf. 29, veranschaulicht. Gaszuführung und Mischung des Leuchtgases mit Luft erfolgt wie bei dem vorher beschriebenen Brenner durch ein als Handhabe dienendes seitliches Rohr. Das Gas-Luftgemisch wird nun in einen hohlen Ring von △förmigem Querschnitt geleitet, auf dessen nach innen gekehrter Fläche, wie Fig. 7 zeigt, das Gas unten aus einem Kranz von Löchern austritt. Angezündet verbrennt es in einzelnen lanzettlichen, nichtleuchtenden Flämmchen, die sichelförmig nach innen gekehrt sind. Die Verbrennungsgase nehmen den auf der Zeichnung punktiert, die primär und sekundär zugeführte Luft den durch Pfeile angegebenen Weg. Die Flämmchen sollen über dem Apparat aufgestellte Gefäße nicht direkt treffen zur Vermeidung übelriechender unvollkommener Verbrennungsprodukte.

Fig. 8 zeigt die Konstruktion eines Heizbrenners mit doppelter Lochreihe, deren eine, wie bei dem vorhin beschriebenen Apparat, auf der Innenfläche des Ringes liegt, während die andere auf der Außenseite sich befindet. Bei solcher Anordnung ist darauf zu achten, daß die Oeffnungen des äußeren Lochkranzes nicht zu nahe nebeneinander liegen, damit bei aufgesetztem Kochtopf die von den inneren Flammen kommenden Verbrennungsgase zwischen den einzelnen Flämmchen des äußeren Flammenkranzes ungehindert hindurchtreten können. Die Verhältnisse sind nun so gewählt, daß die äußeren Flämmchen, welche frei nach oben brennen, bei einem darüber gestellten flachen Gegenstande in mehr wagerechter Lage gegen außen abgelenkt werden, indem sie der Zugrichtung der zwischen denselben hindurchstreichenden Verbrennungsgase und der erwärmten Luft folgen.

Die weitere Ausstattung der Dessauer Heizbrenner ist in der Abbildung Fig. 9 zu erkennen. Der Heizring liegt, frei getragen, innerhalb eines massiven gegossenen Rahmens, welcher mit Füßen versehen ist. Ueber dem Rahmen sind in radialer Richtung starke Rippen angebracht, auf welche die Kochgeschirre aufgesetzt werden. Damit ist auch die Entfernung bestimmt, welche die Böden der letzteren gegenüber den Flämmchen einnehmen bei gewöhnlich herrschendem Gasdruck von 30 mm Wassersäule.

Die beschriebenen Heizbrennerkonstruktionen bilden denn auch die Grundlage für alle größeren Dessauer Gaskochapparate, wie sie für den Gebrauch

der Küche an Stelle des Herdes, Bratrostes u. s. f. erforderlich sind. Als die einfachste Konstruktion dieser Art ist der Fig. 10, Taf. 29, abgebildete Rippenrost zu betrachten. Derselbe stellt eine Verbindung von zwei Heizbrennern dar, welche die Gaszufuhr aus gemeinschaftlichem, auf einer Langseite des rechteckigen Apparates angebrachten Rohre erhalten. Jeder Brenner kann durch einen besonderen Hahn, welcher sich an dem gemeinschaftlichen Gasrohre befindet, reguliert oder ganz abgestellt werden. Der Griff der Hähne bestehend in einem einarmigen Hebel, der auf einem Quadranten läuft, wodurch die Stellung des Kükens genau gekennzeichnet wird. Die Rippen, auf welche die zu erhitzenden Kochgefäße aufgesetzt werden, verbreiten sich über eine rechteckige Fläche. Sie gestatten ein leichtes Hin- und Herschieben der Gefäße, ohne diese jedesmal besonders abheben zu müssen, wenn ihr Platz gewechselt werden soll, wie dies in der Küche der Brauch ist. Zugleich aber erleichtert die radiale Anordnung der Rippen das genauere Aufsetzen des Topfes auf die Mitte des Brenners nach dem Augenmaß.

Eine vollkommenere Einrichtung zum Kochen und auch namentlich zum gleichzeitigen Braten stellt die Abbildung Fig. 11, Taf. 29, dar. Die Grundlage dieses Apparates, als Dessauer Gas-Koch- und Bratofen bezeichnet, bildet die oben beschriebene, als Rippenrost bezeichnete Heizeinrichtung. Ein kürzerer Teil des Rippenrostes ist frei, der größere Teil jedoch bildet den Boden eines Wärmekastens. Dieser letztere, aus Eisen gefertigt, besitzt doppelte Wände, welche mit einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt sind, um Wärmeverluste nach außen möglichst zu verhindern. Der Kasten kann durch zwei Flügelthüren geschlossen werden. In dem Apparate kann zur gleichen Zeit gekocht und gebraten werden, indem man oberhalb des Bratens die Kochtöpfe aufstellt. —

Die Berührung der Speisen mit den Verbrennungsprodukten des Gases beim Rösten an freier Flamme beeinträchtigt die Schmackhaftigkeit nicht, wie vielfach irrtümlich angenommen wird; man würde einem solchen Uebelstande wohl auch längst schon durch eine geeignete Konstruktion der Heizapparate vorgebeugt haben, wenn hierzu die Notwendigkeit vorgelegen hätte. Vielmehr zeigt die Erwärmung der Speisen mit Gas, gegenüber derjenigen nach den alten Heizmethoden, ganz wesentliche Vorzüge, die namentlich darin bestehen, daß die Stärke des Feuers mit der erreichten Temperatur, welche zum Kochen oder Braten erforderlich ist, sofort durch Regulierung des Gashahns gemäßigt werden kann. Beim Kochen braucht das Wasser nämlich, bis es zum Sieden gelangt, eine seiner hohen spezifischen Wärme entsprechende große Wärmemenge, welche man in einer kurzen Zeit zuführen will. Von da ab wird fast die gesamte weiter zugeführte Wärme nur zur Dampfbildung verwendet, ein Bruchteil nur dient zum Ersatz der durch Strahlung des heißen Kochgefäßes verloren gehenden Wärme. Die Dampfbildung ist aber für den Prozeß des Kochens zum mindesten überflüssig; sie kann nur bei den mit festen Brennstoffen geheizten Herdeinrichtungen nicht genügend rasch abgebrochen werden, wenn man nicht das Kochgefäß rechtzeitig vom Feuer nimmt. Mit dem Dampfe werden jedoch der Speise viele ihrer wertvollen, besonders die Schmackhaftigkeit bedingenden Bestandteile entzogen. Bei Gaskochapparaten nun hat man einfach, sobald der Augenblick hierzu gekommen ist, die Brenner ganz oder teilweise zu schließen, um nur dasjenige Maß von Wärme weiter zu entwickeln, welches zur Erhaltung der Temperatur unbedi[illegible]twendig ist. Es werden daher die Brenner des Ofens, welche

bei voller Thätigkeit stündlich 200 bis 500 l Gas verzehren, stets nur während einer kurzen Zeit in vollem Maße in Anspruch genommen; der Betrieb des Brat- und Kochofens kann aus diesem Grunde als ein ökonomischer bezeichnet werden.

Die Erhitzung größerer Mengen Wassers mit Gas wird sich allerdings immer recht kostspielig gestalten; auch wird man nicht viel erreichen, wenn man sich hierzu bloß der Abhitze des Ofens bedienen will, da die Menge der sonst unbenutzt verloren gehenden Wärme doch nur eine geringe ist.

Kaffeeröster. Als zu den in der Küche verwendeten Apparaten finde hier noch ein Kaffeeröster Erwähnung, wie derselbe in größerer Ausführungsform von der Centralwerkstatt in Dessau hergestellt wird. Aeußere Ansicht dieser Vorrichtung zeigt Fig. 1, Taf. 30. Die in einem verschließbaren Gehäuse B sitzende Trommel A zur Aufnahme der Kaffeebohnen wird erhitzt vermittelst eines am Boden des Gehäuses befindlichen Heizbrenners, der von C aus mit Gas gespeist werden kann und seine Zündung erhält. — Die Verwendung von Gas als Heizstoff ist hier an einer richtigen Stelle herbeigezogen, da es beim Kaffeerösten von außerordentlichem Vorteil ist, die Stärke der Erhitzung regulieren zu können.

Gasheizöfen. Eine wichtige Verwendung hat das Gas zum Beheizen von Wohnräumen gefunden, an Stelle der gewöhnlichen Heizungsverfahren mittels fester Brennstoffe in Oefen oder Centralheizungsanlagen für heiße Luft, Dampf oder warmes Wasser. Im Hinblick auf Bequemlichkeit, einfache Handhabung und Reinlichkeit des Verfahrens wird die Gasheizung die Einzelheizung mit festen Brennstoffen bei weitem übertreffen und wird sie der in der Anlage viel kostspieligeren Centralheizung an die Seite zu stellen sein. Einer weiteren Verbreitung steht leider nur der hohe Preis der Gaswärme hindernd im Weg.

Wenn, wie mehrfach üblich, das zum Heizen verwendete Gas mit 12 Pfge. für das Kubikmeter berechnet wird, so steht die von ihm erzeugte Wärme beiläufig 7 mal so hoch wie die Wärme der Steinkohlen, doppelt so hoch wie die Wärme des Holzes. Es wird deshalb das Gas als Brennstoff zur Erwärmung von Räumen, in denen sich Menschen aufhalten, nur unter besonderen Umständen Verwendung finden können; abgesehen von den selteneren Fällen, wo der Preis überhaupt keine Rolle spielt, mehr nur zum raschen Heizen, auf kurze Zeit und zum dauernden Heizen kleiner Räume, die mit den gewöhnlichen Oefen nur schwierig mäßig zu heizen sind. Es werden also etwa in Betracht kommen: Fremdenzimmer, Schlafstuben, Speisezimmer, Salons zu Besuchszeiten, Sitzungszimmer, Räume, in denen sich viele Menschen versammeln, die nun ihrerseits, wie etwa auch die Beleuchtung abends, die Temperatur erheblich steigern, so daß eine rasche Abstellung des Feuers erwünscht ist; dies trifft zu bei Gesellschaftsräumen, bei Konzertsälen, bei Schullokalen.

In Deutschland kamen kaum vor Beginn der 80er Jahre Gasheizöfen vereinzelt zur Verwendung, und erst mit Ende des Jahrzehnts kam die Sache in rascheren Fluß. In England und Frankreich wurden die Gasöfen viel früher reichlich verwendet. In England baute man vorzugsweise Oefen, die dem offenen Feuer des Kamins möglichst zu entsprechen suchten: in der Tiefe brennende, entleuchtete Flammen schlagen in Asbest hinein, der zum Glühen erhitzt wird und damit eine lodernde Glut ähnlich dem Holzfeuer

bildet. Auch Bimsstein wurde verwendet, der dann wie glühender Koks erschien. Vereinzelt kommen solche Gaskamine auch in Deutschland zur Verwendung. Im Jahre 1882 gab William Siemens in London für Kaminbrand eine Kombination von Koksfeuer und Gasfeuer, im Hinblick auf Oekonomie und völlige Rauchfreiheit, als das Steinkohlenfeuer in Wirkung ersetzend, an. — In Frankreich wurden die sogen. Reflektorkamine Jacquets beliebt, bei denen die Wärme von in gewisser Höhe unter einer Platte verdeckt brennenden Leuchtflammen durch ein gebogenes Kupferblech nach dem Boden des Zimmers reflektiert wird. Dieses (aus dem Jahre 1864 stammend) hat mit einigen Verbesserungen eine große Verbreitung bei uns in Deutschland erlangt; es möge deshalb mit seiner Beschreibung begonnen werden.

Jacquets Reflektorkamin. Derselbe wird veranschaulicht durch Fig. 12 und 13, Taf. 29, letztbezeichnete Figur gibt den Querschnitt. Der viereckige, vorn offene Blechkasten ist mit einer gebogenen, gewellten Kupferplatte b ausgestattet, über welcher eine Reihe horizontal nebeneinander stehender, leuchtender Flammen a brennen. Dieselben werfen auf das glänzende Kupferblech ihre Strahlen, welche nun in der durch Fig. 13 bezeichneten Weise in den zu erwärmenden Raum reflektiert werden. In der Nähe des Ofens wird dadurch eine starke Erwärmung des Bodens bewirkt; davorsitzende vermögen sich so namentlich die unteren, gegen Kälte besonders empfindlichen Körperteile angenehm zu erwärmen, welchem Umstand der Reflektor-Gasofen hauptsächlich seine Beliebtheit zu verdanken hat. Vielen erscheint auch das mit der Wärme gleichzeitig Licht reflektierende Kupferblech, mit seinem funkelnden, fast feurigen, zitternden Glanze als etwas Schönes; in der That wird dadurch die Erinnerung an das beliebte offene Kaminfeuer lebhaft wachgerufen. Der Boden selbst kann in der Nähe des Ofens so heiß werden, daß das Holz stark schwindet oder selbst rissig wird; auch wird es durch die Austrocknung leichter entzündlich, man schützt es daher zweckmäßig durch Vorlagen.

Die Verbrennungsprodukte ziehen bei dem ursprünglichen Gaskamin direkt in den Schornstein ab. Dies ist mit erheblichem Wärmeverlust verbunden. Bei neueren Reflektoröfen hat man den Fehler dadurch beseitigt, daß man die heißen Verbrennungsprodukte vor ihrer Entfernung nötigt, Kanäle aus Metallblech zu durchziehen, um so ihre Wärme an die Außenluft abzugeben bis auf einen geringen Rest, der dazu verwendet wird, den erforderlichen Zug im Schornstein hervorzurufen. Einen ersten derartigen Gasofen hat Wybauw konstruiert; derselbe wurde bei der Brüsseler Gasofen-Konkurrenz im Jahre 1886 mit einem Preis von 6000 Franks ausgezeichnet. Der Ofen besitzt in konstruktiver Hinsicht den Fehler, daß die heißen Verbrennungsprodukte genötigt werden, ihren Weg erst abwärts zu nehmen. Bei geringem anfänglichem Zug im Schornstein ist es nicht zu vermeiden, daß Ausströmungen von Verbrennungsprodukten in den zu heizenden Raum stattfinden. — Die neueren Konstruktionen von Reflektoröfen begegnen dem dadurch, daß die Verbrennungsgase durch Kanäle oberhalb des eigentlichen Kamins geführt werden. Selbstverständlich wird dadurch die ganze Anordnung höher, mehr nach Art der Heizkamine.

Andere Konstrukteure haben auch versucht, das Prinzip der Wärmeregeneration für Gasheizöfen nutzbar zu machen. Die Anregung hierzu ging von dem Pyrotechniker Fr. Siemens aus. Ueber die hohe Bedeutung der Wärmeregeneration bei gewissen Heizungsanlagen wie auch bei der Klasse

derjenigen Gasbeleuchtungskörper, die wir als Regenerativgaslampen kennen gelernt haben, wird kein Fachmann im Zweifel sein; was die Anwendung des Prinzips auf die Gasheizung — bei der die Verbrennungsprodukte doch immer nur mit einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur in den Kamin entweichen, unter die man wegen Erhaltung des Zuges kaum heruntergehen darf — jedoch bedeuten soll, ist nicht recht verständlich. Wenn nun gar eine Firma, um Siemens mit seinem Regenerativ-Gasofen gewissermaßen noch zu übertrumpfen, von „Doppelregenerativ-Gasöfen" spricht und Heizvorrichtungen unter solchem Namen in den Verkehr bringt, so können derartige Auswüchse der Technik nur mit Bedauern bemerkt werden, zumal sich immer willige Abnehmer finden, von denen mangels eigenen Urteils ein klingender Name als genügende Bürgschaft hingenommen wird für die Güte einer Sache.

Eine für den Gasofenbau völlig neue Grundlage entwickelte Meidinger. Durch den Versuch gab sich zu erkennen, daß die Wärme einer Flamme, welche in Form erwärmter Luft in einem weiten Cylinder emporsteigt, nur unvollkommen durch die Wandungen des letzteren hindurch abgegeben wird. Bei der Aufwärtsbewegung halten sich die heißen Gase mehr in der Mitte, die Abkühlung von außen her schreitet nur langsam vorwärts. Es würde daher verfehlt sein, einen Ofen derart zu bauen, daß man in einem weiten Cylinder von mäßiger Höhe unten Gas brennte und oben die Verbrennungsprodukte in den Schornstein ableitete, da die letzteren einen großen Betrag der Wärme noch mit sich führten. Ganz anders gestaltet sich die Wärmeabgabe, wenn man in den weiten Cylinder einen engeren, oben und unten geschlossenen einführt und nun die heißen Verbrennungsprodukte in dem so gebildeten schmalen Zwischenraum (Schlitzkanal) emporsteigen läßt; die Wärme wird in diesem Falle überraschend schnell nach außen abgegeben; die oben austretenden Verbrennungsprodukte besitzen nur noch geringe Temperatur. Diese Kenntnis führte zur Konstruktion des als „Karlsruher Schulofen" bezeichneten Gasofens, der im nachfolgenden beschrieben werden soll.

Karlsruher Schulofen*), Fig. 14, Taf. 29, in der Konstruktion, Fig. 15 in der Ansicht. Der Ofen ist rund ausgebildet. Er besteht im wesentlichen aus zwei weiten, ineinander steckenden Cylindern aus Eisenblech, die zusammen den erwähnten Schlitzkanal bilden, indem sie einen engen Raum zwischen sich frei lassen, durch welchen die Verbrennungsprodukte aufsteigen. Sockel und Kopf des Ofens werden durch weitere Gußstücke gebildet; in ersterem befinden sich die Heizbrenner, der letztere dient zum Sammeln der Verbrennungsprodukte, die durch einen seitlichen Stutzen nach dem Schornstein abgeleitet werden. Die Heizvorrichtung wird gebildet durch ein im Sockel ringförmig herumgeführtes Gasrohr mit aufgesetzten Zweilochbrennern von solcher Stellung, daß sich die entwickelten Flammen mit ihren seitlichen Spitzen fast berühren und so einen leuchtenden Kranz bilden. Durch im Umfange des Sockels angebrachte Glimmerscheiben kann das Feuer gesehen und nötigenfalls durch andere Hahnstellung reguliert werden; außerdem findet durch die Strahlung von hier aus eine etwas stärkere Erwärmung des Fußbodens statt. Die Verbrennungsluft tritt von unten frei an die Brenner heran; die Verbrennungsprodukte steigen, wie bereits angegeben, nach dem Schornstein abziehend, in dem Schlitzkanal empor, wobei sie fast die ganze Wärme nach innen und außen abgeben. In dem inneren Rohr

*) Gebaut von Meidinger und Reichard. Journ. f. Gasb. 1890.

findet ein lebhafter Auftrieb der erwärmten Luft statt, die oben durch einen durchbrochenen Deckel in das Zimmer entweicht; kältere Zimmerluft strömt von unten nach. Wo eine besondere Ventilation des Raumes bewerkstelligt werden soll, verbindet man den Cylinder unten mit einem Kanal, der ins Freie führt, so daß nur frische Luft zugeführt wird (vergl. Fig. 14); bei größeren Temperaturdifferenzen zwischen Frischluft und Zimmerluft ist dann allerdings ein entsprechender Mehraufwand an Gas für die Erwärmung notwendig. Das ringförmige Verbindungsstück zwischen Ofencylinder und Frischluftkanal läßt sich mit einer Schiebereinrichtung versehen, um auch nur Zimmerluft in den Cylinder eintreten lassen zu können.

Größere Nummern des Ofens sind noch, in einigem Abstand vom Schlitzkanal, mit einem Blechmantel umgeben, der über dem Sockel und unter dem Kopfstück Durchlässe besitzt. Er dient dazu, die Strahlung des heißen Schlitzkanals nach dem Zimmer aufzuheben. Erwärmung der Luft findet statt, indem sie zwischen Mantel und Schlitzkanal emporsteigt, wobei sie die erwähnten Durchlässe passiert.

Bezüglich der Konstruktion des Heizbrenners ist noch einiges hinzuzufügen. Auf dem bereits oben erwähnten Heizring strömt das Gas aus einer geschlossenen Reihe von Schnittbrennern aus, es bilden sich einzelne leuchtende Flammen. Es liegt hier kein Grund vor, das Gas erst zu entleuchten, da dasselbe nur die Luft und keinen festen Körper unmittelbar zu erwärmen hat. Außerdem lassen sich die leuchtenden Flammen besser dem Augenmaße nach regulieren. Unmittelbar vor dem Ofen ist die Gaszuführung nach demselben mit einem durch Vierkant verschließbarem Hahne versehen; auf der Seite desselben befindet sich ein solcher für eine Zündflamme; die Brennerröhre der letzteren bildet den Hebel zum Drehen des eigenen Hahns. Beide Hähne sind nun nach einer sinnreichen Konstruktion Eiseles*) derart miteinander verbunden, daß der Haupthahn nicht eher gedreht werden kann, bevor die brennende Zündflamme gegen den Heizring im Innern des Ofens gedreht ist. Fig. 16 bis 19, Taf. 29, zeigt den sogenannten Sicherheitsbrenner in verschiedenen Stellungen und gibt zugleich dessen Wesen zu erkennen. Beide Hähne sind an den Köpfen ihrer Küken mit runden Scheiben ausgestattet. Sie sind so nahe nebeneinander angeordnet, daß die Entfernung ihrer Mittelpunkte geringer ist, als die Summe ihrer beiden Halbmesser; eine bestimmte Stellung können sie nur dadurch gegeneinander einnehmen, daß die beiden Scheiben an einzelnen Stellen ihres Umfanges Kreisausschnitte besitzen, in welchen jeweils die Scheibe des anderen Hahns eingreift. In Fig. 16 ist der Zündbrenner aus der für ihn bestimmten Lücke des Ofens herausgedreht. In dieser Stellung kann der Haupthahn nicht bewegt werden. Nachdem die Zündflamme angesteckt ist, wird der Brenner gegen den Heizring gedreht; in paralleler Lage mit dem Gaszuleitungsrohre gibt er dessen Hahn frei, indem er gegen die Scheibe des letzteren einen Ausschnitt seiner eigenen Scheibe kehrt, Fig. 17. Der Haupthahn kann jetzt aufgedreht werden. Sobald die Drehbewegung beginnt, ist die Zündflamme in ihrer Stellung gesichert; sie ist jetzt, wie Fig. 18 (und auch Fig. 14) zeigt, gerade gegen eine Ausströmungsöffnung des Heizringes gerichtet. Fig. 19 zeigt endlich den fast vollkommen geöffneten Haupthahn. — Ohne diese Vorkehrung, welche die Sicherheit des Ofens gewährleisten soll, kann es vorkommen, daß

*) Journ. f. Gasbel. 1890.

durch leichtsinnige oder ungeschickte Behandlung des Ofens in diesem Gas zur Ausströmung gelangt, welches sich mit Luft mischt, und jetzt nun beim Anzünden zur Explosion führt. Uebrigens ist die Gefahr der Gasexplosionen bei dem Ofen nach Meidinger geringer, als bei einem anderen Gasofen, weil bei etwaiger unbemerkter Ausströmung im Ofen selbst sich nur wenig Gas ansammeln kann, dank dem geringen Fassungsraum des Schlitzkanals und weil der Ofen unten ganz offen ist.

Da die stark abgekühlten Verbrennungsgase viel Wasser abscheiden, so ist dafür Sorge zu tragen, daß dasselbe bei aufwärts geführtem Ofenrohr nicht ausfließt. Zu dem Ende ist letzteres unten an seinem senkrechten Schenkel mit einer abnehmbaren Kapsel verschlossen, in welcher sich das Wasser ansammeln kann. Ferner müssen die das Ofenrohr bildenden kürzeren Stücke derart ineinander gesteckt werden, daß jedes Stück mit seinem oberen Ende das nächstfolgende höhere Stück von unten umfaßt, so daß im Ofenrohr herabrinnende Wassertropfen immer nur nach innen ablaufen können. Es wird gegen diese allgemein zu befolgende Regel vielfach verstoßen, in der irrigen Anschauung, daß die Rauchgase sich bei der Aufwärtsbewegung an dem von oben herunter eingeschobenen Rohre stauen und in das Zimmer austreten könnten.

Die äußere Ausstattung des Karlsruher Schulofens, der von den Warsteiner Gruben- und Hüttenwerken in Warstein (Westfalen) gebaut wird, ist eine recht gefällige (vergl. Fig. 15). Der größte Gasverbrauch des Ofens (16 Brenner, Ofenhöhe 1,75 m) beträgt 2,6 cbm die Stunde*).

Gas-Badeöfen. Die Bequemlichkeiten im Gebrauch des Gases kommen bei der Heizung einzelner Badeöfen, wie solche für Holz- oder Kohlenbrand im Haushalt schon lange gebräuchlich sind, ganz besonders in Betracht: der Wegfall des Transports von Brennmaterial und Abbrand aus dem in der Regel nicht sehr geräumigen Badezimmer, dazu noch die kompendiöse Form der Apparate, rasche Inbetriebsetzung und leichte Regulierung, wie bei Gasöfen zur Zimmerheizung.

Die in zahlreichen Formen vorhandenen Gasbadeöfen sind im allgemeinen nach drei Konstruktionsprinzipien gebaut, die in ihren wichtigsten Vertretern hier behandelt werden sollen. Eine einfachste Form bildet einen säulenartigen Ofen als Wasserbehälter, in dessen Innerm als Feuerraum eine mit Gasheizbrennern ausgestattete Kapsel sich befindet, aus welcher die Verbrennungsprodukte durch ein engeres Rohr abziehen, wobei sie ihre Wärme an das umgebende Wasser abliefern. Letzteres wird durch einen Hahn unten am Ofen in die Wanne übergeführt (Kölner Gasbadeofen).

Ein zweites Prinzip von Gasbadeöfen, dessen Ausbildung sich die Firma J. G. Houben Sohn Karl**) hat angelegen sein lassen, beruht auf der Entgegenführung der in dem Ofen aufsteigenden Verbrennungsprodukte in eine herabfallende Brause. Die innere Einrichtung dieses sogen. Wasserstrom-Heizapparats wird Fig. 20, Taf. 29, veranschaulicht. Innerhalb eines cylindrischen Mantels befindet sich, am offenen unteren Ende des letzteren, der Heizbrenner G, bestehend aus einem Röhrenringe mit auf-

---

*) Eine große, ganz umfassende Abhandlung über „Gasheizung und Gasöfen" ist von Meidinger in der Badischen Gewerbezeitung 1894, Nr. 1 bis 23 und Nr. 26, sowie im Journal für Gasbeleuchtung 1894 veröffentlicht worden.

**) Journ. f. Gasbel. 1885.

gesetzten Speckſteinbrennern. Diese Gasfeuerung wird umgeben von einem konischen Blechmantel F, dessen breiter Rand mit dem cylindrischen Mantel des Ofens verbunden ist; der Raum zwischen den beiden Mänteln dient als Sammelbehälter für das erwärmte Wasser. Ueber dem Konus ist ein nach unten gewölbter Blechschirm angeordnet, welcher die darunterliegende Gasfeuerung vor dem herabfallenden Wasser schützt.

Die nach oben gekehrte Brause C wird durch das mit der Wasserleitung in Verbindung stehende Rohr A gespeist. Das ausströmende Wasser verteilt sich in einen Regen, welcher teils frei herabfällt, teils durch den Drahtcylinder E gesammelt wird und an diesem herabrieselt. Dabei gelangt das Wasser mit den aufsteigenden Verbrennungsgasen in vielfache Berührung, es nimmt dessen Wärme auf und kann nun aus dem Sammelbehälter in stets neuen Mengen durch den Auslauf B warm in die Badewanne abgelassen werden.

Zur Verhütung des Wärmeverlustes durch Ausstrahlung ist zwischen dem äußeren Mantel des Ofens und dessen innerem Drahtcylinder noch ein Mantel D gelagert, welcher nach unten durch das Wasser im Sammelbehälter abgesperrt wird. Der obere Teil des Ofens ist abgeschlossen durch einen gewölbten Deckel H mit den seitlichen Oeffnungen J, welch letztere zum Abzug der Verbrennungsprodukte dienen. Ein besonderes Kaminrohr ist hier nicht vorgesehen.

Der beschriebene Apparat mittlerer Größe erfordert zur Bereitung eines Bades von 160 l etwa $^3/_4$ cbm Gas, wobei man annimmt, daß die Temperatur des Wasserleitungswassers 15°, die Badetemperatur 35° C. beträgt, also eine Erwärmung um 20° C. eingetreten ist. Der Wärmeaufwand für diese Leistung beträgt nun $160 \times 20 = 3200$ Wärmeeinheiten; 1 cbm Gas vermag somit in dem Apparate $3200 \times \frac{4}{3} = 4267$ Wärmeeinheiten an das Wasser abzugeben, während der theoretische Verbrennungswert derselben Gasmenge etwa 5500 Wärmeeinheiten beträgt; der Nutzeffekt ist somit 78 Prozent. Im allgemeinen wird man wohl auf die Erwärmung eines Bades rund 1 cbm Gas annehmen dürfen.

Eine zweite, gleichfalls von J. G. Houben Sohn Karl konstruierte Badeeinrichtung mit Gasfeuerung besteht in der Verbindung des vorhin beschriebenen Wasserstrom-Heizapparates mit einer Vorrichtung für warme und kalte Brause, sowie ferner mit einem Ofen zur beliebigen Erwärmung des Badezimmers. In Fig. 21, Taf. 29, finden sich zunächst dieselben Teile des Ofens wieder vor, welche bei dem Wasserstrom-Heizapparat bereits beschrieben wurden; sie tragen hier dieselben Buchstaben wie dort. An Stelle des Blechschirmes oberhalb der Gasfeuerung befindet sich jedoch hier ein allseitig geschlossener Wasserbehälter, welcher übrigens das Feuer auf dieselbe Weise vor dem herabfallenden Wasser schützt, wie jener Schirm. Der Behälter steht mit einem von der Nähe seines Bodens abzweigenden Rohre in Verbindung mit der Wasserleitung A; durch das Ventil L kann diese Verbindung unterbrochen oder wieder hergestellt werden. Eine zweite Abzweigung führt vom oberen Teil des Behälters nach dem Rohre O mit der Brause P. Dieses Rohr kann auch mittels des Ventiles M unmittelbar mit der Wasserleitung zum Empfang kalten Wassers verbunden werden.

Der stets mit Wasser gefüllte Inhalt des Behälters wird, gleichzeitig mit dem für das Wannenbad bestimmten Wasser, sofern man solches überhaupt sich bereiten will, erwärmt. Oeffnet man jetzt das Ventil L, so ver-

drängt das von unten in den Behälter einströmende kalte Wasser der Wasserleitung das hier befindliche erwärmte Wasser nach oben in das Rohr O nach der Brause P. Eine Vermischung des kalten und warmen Wassers erfolgt nicht so rasch wegen der verschiedenen spezifischen Gewichte.

Will man aus der Brause P Wasser von geringerer Temperatur erhalten, so kann man dies durch teilweises Oeffnen des Ventils M erreichen, indem jetzt kaltes Wasser der Leitung dem in O befindlichen warmen Wasser unmittelbar zugeführt wird. Kalte Brause erhält man, wenn das Ventil M für sich allein geöffnet wird. — Die Badewanne wird endlich mit warmem Wasser versorgt, indem man das Ventil K öffnet; dieses führt nach der Brause C im Innern des Apparates.

Der untere Teil des Apparates, gewissermaßen der Sockel desselben, stellt einen einfachen Gasheizofen dar. Derselbe wird gebildet durch einen Mantel R, in dessen Innerem ein besonderer ringförmiger Heizbrenner angebracht ist. Durch die Mitte desselben führt ein Heizrohr S, in welchem die erwärmte Luft aufsteigt, um durch die durchbrochene Galerie U in das zu heizende Zimmer auszuströmen. Ferner wird noch die Luft erwärmt an der Außenseite des Mantels R; ein Teil der Wärme wird hier durch unmittelbare Strahlung in das Zimmer geworfen. Durch das Rohr V werden die Verbrennungsgase des Ofens nach dem Schornstein abgeführt. Die Ausnutzung der Wärme durch diese primitive Heizvorrichtung kann nur eine minimale sein.

Eine dritte, von den vorgenannten verschiedene Form von Gas-Badeöfen beruht auf dem Prinzip, das aus der Leitung kommende Wasser in einem System von Röhren bezw. einem doppelten Mantel zu erhitzen, so daß es mit den Verbrennungsprodukten direkt nicht in Verbindung kommt. Ein derartiger Badeofen von Eschebach*) (Dresden) wird seiner Einrichtung nach durch Fig. 22, Taf. 29, gezeigt. Der Heizbrenner mit Hahn b erwärmt den inneren Raum des Ofens. In diesem befindet sich der doppelte Cylinder 2 mit engen Abständen seiner Wände; er empfängt Wasser aus der Leitung a durch Rohr 1. Seinen weiteren Lauf nimmt das Wasser durch ein Röhrensystem, dessen einzelne Strecken durch 2 bis 8 bezeichnet sind; 9 ist der Ausguß nach der Badewanne. Wenn Hahn c an Rohr 8 geschlossen wird, so nimmt das Wasser seinen Weg durch Rohr 10 nach einer Brause. Man kann mit der Einrichtung einen kontinuierlichen Strom von warmem Badewasser erzeugen. Es können 155 l Wasser innerhalb 21 Minuten um 24° C. erwärmt werden bei einem Gasaufwand von 1100 l; dies entspricht einer kalorimetrischen Nutzleistung des Gases von 62 Prozent.

Den Gas-Badeöfen mit direkter Uebertragung der Wärme aus den Verbrennungsprodukten auf das Wasser wird zum Vorwurf gemacht, daß das Badewasser etwas Geruch von verbranntem Gas annimmt. Diesen Uebelstand zeigen Vorrichtungen mit anderer Art der Erwärmung selbstredend nicht. Doch besitzt der zuletzt beschriebene Apparat wieder den Nachteil, daß sich in den engen Röhren und im Mantelraum Absätze aus dem erhitzten Wasser ansammeln, die nur schwierig daraus entfernt werden können. Auch ist seine Nutzwirkung geringer.

Wasser-Sterilisator. Durch neuere Untersuchungen ist es wahrscheinlich gemacht, daß einige als Krankheitsträger bekannten Bakterienarten, insbesondere

*) Beielstein, Wasserleitung im Wohngebäude.

Typhus und Cholera, die gefürchtesten unter denselben, vornehmlich durch das Trinkwasser Verbreitung finden. Dieserhalb werden überall Veranstaltungen getroffen, um für keimfreies Wasser Sorge zu tragen, was in erster Linie von den Städteverwaltungen im Großen durch die Sandfiltration des Leitungswassers geschieht. Ein anderer Weg, um bakterienfreies Wasser zu erhalten, besteht im Abkochen desselben; es ist nachgewiesen, daß bei Siedetemperatur auch die kleinsten Lebewesen mit voller Sicherheit vernichtet werden; kurzes Kochen des Wassers genügt zur Erreichung des Zweckes vollkommen. Immerhin ist das Kochen größerer Mengen Wassers mit nicht unerheblichen Kosten verbunden; beispielsweise erfordert es einen Aufwand von 1 cbm Gas, um damit 65 l Wasser von mittlerer Temperatur zum Sieden zu erhitzen, wobei indessen noch an eine der Theorie entsprechende Ausnutzung der Wärme gedacht wird. Gelegentlich der Choleraepidemie in Hamburg hat nun W. v. Siemens eine sinnreiche Art der Wärmeregeneration vorgeschlagen, durch welche die Kosten des Erhitzens bedeutend zu ermäßigen sind. Es sollte nämlich das einmal zum Sieden gebrachte Wasser — welches doch wieder vor dem Genuß abgekühlt werden muß — durch ein System von Röhren hindurchgeleitet werden, welche von entgegenfließendem kaltem Wasser umgeben sind und an dieses den größten Teil der Wärme abgeben. Das so vorgewärmte Wasser ist dann im Siedegefäß nur noch um den Fehlbetrag bis 100° zu erhitzen. Für die Wasser-Sterilisierung im Großen hat sich der Gedanke der Kosten wegen nicht realisieren lassen; dagegen hat er zur Konstruktion von Apparaten kleineren Umfangs für den Bedarf einzelner Haushaltungen, Gasthöfe, Spitäler u. dergl. geführt, bei welchen als Heizstoff Leuchtgas dient und auch letzteres nur verwendet werden kann, wegen der fortwährend notwendigen, durch selbstthätige Vorrichtungen zu bewirkenden Regulierung der Flamme.

Einen ersten derartigen Sterilisator baute die Firma Fr. Siemens & Komp.; einen anderen, höchst sinnreichen und vollkommenen, Rietschel & Henneberg in Berlin. Dieser Apparat ist Fig. 2 u. 3, Taf. 30, in Ansicht und Durchschnitt zur Anschauung gebracht. Der Schlauch d verbindet den Apparat mit der Wasserleitung. Bei geöffnetem Hahn e nimmt das Wasser in der Richtung der Pfeile seinen Weg durch Rohr f und füllt nun den Raum zwischen dem doppelten Mantel cc' vollständig an. Ueber diesem Teil des Apparates ist das Kochgefäß b mittels dreier Stützen aufgesetzt; eine der letzteren (o) verbindet als Rohr die beiden Teile, so daß das Wasser auch in das Kochgefäß emporsteigt. Das durch die Flamme des Gasbrenners a abgekochte Wasser verläßt nun b, indem es in ein durch das genannte Verbindungsrohr hindurchgeführtes Ueberlaufrohr p abfließt. Dieses Rohr durchläuft den doppelten Mantel cc' als eine enggewundene Schlange, so daß dem niederfließenden heißen Wasser durch die große Abkühlungsfläche reichliche Gelegenheit geboten ist, seine Wärme an das in dem Mantel nach oben steigende kalte Wasser abzugeben und dieses gleichzeitig für die später erfolgende Abkochung vorzuwärmen.. In gekühltem Zustand verläßt das sterilisierte Wasser durch Rohr g den Apparat.

Wenn man bewirken will, daß bei möglichst starkem Durchfluß nur solches Wasser den Apparat verläßt, welches auch wirklich der Siedetemperatur ausgesetzt gewesen ist, so bedarf es besonderer Reguliervorrichtungen. Bei der vorliegenden Konstruktion wird dies erreicht durch eine nach zwei Richtungen gleichzeitig wirkende Regulierung. Sobald das Wasser in leb-

haftem Kochen sich befindet, wird auf selbstthätigem Wege einerseits der Zufluß von Wasser zu dem Apparate vermehrt, andererseits gleichzeitig die Gaszufuhr zum Brenner verringert.

Letzteres erfolgt dadurch, daß der im Kochgefäß b sich bemerkbar machende Dampfdruck unmittelbar auf einen Gasdruckregulator h' einwirkt, wozu ein kurzes Rohrstück die Verbindung herstellt. Im Prinzip besteht dieser Regulator aus einer teilweise mit Quecksilber gefüllten U-Röhre, deren einer Schenkel mit dem Kochgefäß korrespondiert, während in den anderen das Gas geleitet wird, aus einer Röhre oberhalb des Flüssigkeitsspiegels ausmündend. Hebt sich hier das Quecksilber infolge vermehrten Druckes im anderen Schenkel, so wird dadurch der Gaseinlaß beschränkt. Das Gas wird dem Regulator durch Schlauch h zugeleitet, es gelangt von hier aus durch Leitung i zum Brenner. Da unter Umständen durch die Reguliervorrichtung die Gaszufuhr gänzlich unterbrochen wird, so ist durch eine kleine, stets brennende Zündflamme, die mittels des dünnen Gummischlauches k unabhängig vom Regulator mit Gas gespeist wird, dafür Sorge getragen, daß nach Wiederöffnen des Ventils kein unverbranntes Gas von dem Brenner fortgeht.

Für Regelung des Wasserzuflusses ist die Anordnung getroffen, daß ein trichterförmiges Gefäß q dampfdicht in das Kochgefäß eingesetzt ist. Dasselbe taucht in das Wasser ein, welch letzteres durch eine Anzahl von Oeffnungen, die sich nur unter dem Flüssigkeitsspiegel befinden, eindringt und höher emporsteigt, sobald im Kochgefäß b ein Ueberdruck entsteht. Hierdurch wird der an dem doppelarmigen Hebel l hängende und durch Gegengewicht m ausbalancierte Schwimmer u gehoben und durch die an Punkt s des Hebels aufgehängte Stange ein kleines Ventilchen in dem Hahngehäuse e geöffnet. Die Verhältnisse sind so gewählt, daß bei einem Ueberdruck von 10 cm Wassersäule (1/100 Atm.), jedenfalls aber erst, wenn das Wasser im vollen Kochen sich befindet, der Zufluß offen ist. Er schließt sich, sobald der geringe Ueberdruck schwindet.

Die beschriebene Einrichtung ermöglicht es, daß man Stunden, ja Tage lang ohne weitere Beaufsichtigung des Apparates sterilisiertes Wasser gewinnen kann, dessen Temperatur etwa 10° über derjenigen des zugeleiteten Wassers liegt. Durch das in das Kochgefäß eingesetzte Thermometer n kann man sich übrigens jederzeit davon überzeugen, daß das Wasser hier stets die Siedetemperatur innehält. Der Aufwand von Gas beträgt etwa nur 1/5 derjenigen Menge, die zur Abkochung auf gewöhnlichem Wege erforderlich wäre.

Gas-Heizapparate zu verschiedenen gewerblichen und häuslichen Zwecken. — Zu verschiedenen Heizoperationen, bei welchen es namentlich auf Erzielung höherer Hitzegrade ankommt, eignet sich das Gas vorzüglich dadurch, daß es auf einen beliebigen Punkt geleitet werden kann, um gerade hier seine ganze Wärme zu entfalten. Die Heizbrenner sämtlicher dazu dienender Apparate sind nach dem Prinzip des Bunsenbrenners gebaut. Dieser selbst wird schon, außer in Laboratorien, zu verschiedenen gewerblichen Zwecken gebraucht (z. B. zum Erhitzen von Lötkolben); dasselbe gilt auch in Bezug auf die Gebläselampe, welche, im Anschluß an den Bunsen (S. 338), in Gemeinschaft mit dem letzteren zur Charakteri-

der Gasheizbrenner in der Beschreibung den sämtlichen übrigen Heizapparaten vorausgeschickt worden ist.

Eine beliebte Verwendung hat das Gas zum Erhitzen von Plätten (Bügeleisen) gefunden. Die Vorteile der Plätteisenwärmer oder Gasplätten bestehen auch hier hauptsächlich in der Reinlichkeit und bequemen Anwendung. Die Unannehmlichkeit und Kosten des altüblichen Erhitzens des sogenannten Stahls in Holz- oder Kohlenfeuer ist genugsam bekannt; desgleichen die Bedenken gegen solche Plätten, welche zwecks ihrer Erwärmung im Innern mit glühender Holzkohle gefüllt werden. Die Gasplätten sind entweder massiv und werden von außen erhitzt, oder sie sind hohl, wie die alten Stahl- oder Kohlenbügeleisen, und werden durch die Flamme von innen erhitzt.

Erhitzen von massiven Bügeleisen. Eine Vorrichtung zum Erhitzen des Bügeleisens wird durch Fig. 4, Taf. 30, dargestellt. Durch das Gestell zum Auflegen des Eisens führt ein Heizbrenner in Gestalt eines gestreckten Rohres, das mittels Schlauchs an die Gasleitung angeschlossen wird. Bei 200 l stündlichem Gasverbrauch soll ein 3 kg schweres Eisen erstmalig in 5 bis 6 Minuten, später in je 2 bis 3 Minuten gebrauchsfähig angewärmt werden können. Besondere Bügeleisen werden in der Art gebildet, daß ein Handgriff vom Eisen losgelöst werden kann, wenn dieses zum Erhitzen auf den Brenner aufgesetzt ist.

Plätten mit Innenheizung wurden derart eingerichtet, daß ein langer Gummischlauch Gas nach Heizbrennern im Innern der Plätte führte. Die nach dem Boden gerichteten Flammen sollten die Plätte fortwährend erwärmen. Hinderlich und kostspielig ist der Gummischlauch, die Apparate konnten keinen rechten Anklang finden.

Die Dessauer Gasplätte, von Buhe konstruiert, hat sich mit vielem Erfolg in Schneidereien und größeren Haushaltungen Eingang verschafft. Der Apparat wird durch Fig. 5 u. 6, Taf. 30, dargestellt. Fig. 5 veranschaulicht die Konstruktion am deutlichsten. Die Plätte wird von einem hohlen Eisenkörper gebildet mit dickem Boden D zur Aufnahme möglichst vieler Wärme und um dem Bügeleisen das nötige Gewicht zu verleihen. Sie wird, wie gezeichnet, in etwas überkippter Lage über die Heizflamme gesetzt, so daß diese durch die Plätte hindurchschlagen kann, wobei namentlich der dicke Boden getroffen wird. Eine starke Schutzplatte A soll die rasche Wärmeausstrahlung der Plätte während des Erhitzens nach außen verhüten. Griff F E und Oberteil der Plätte sind zwecks möglichster Kühlhaltung von der Flamme abgekehrt. Auch ist im Innern der Plätte ein um H pendelndes Fallblech G angeordnet, welches den Oberteil der Plätte vor direkter Erhitzung schützen soll; gleichzeitig verschließt dasselbe bei der Gebrauchslage der Plätte deren untere Oeffnung. — Als Heizvorrichtung dient das Brennerrohr B mit Luftzulaß J. Der letztere ist sehr weit bemessen, man muß eine möglichst vollkommene Verbrennung des Gases, eine stark entleuchtete Flamme erzielen, weil in dem engen Hohlraum der Plätte nicht mehr viel Luft zu der Flamme treten kann und dadurch leicht übelriechende unvollkommene Verbrennungsprodukte auftreten würden. Der Lufteinlaß muß ein für allemal entsprechend der ortsüblichen Beschaffenheit des Gases reguliert werden, eine Arbeit des Installateurs; wegen des Zurückschlagens darf er eine bestimmte Grenze nicht überschreiten.

Eine besondere Anordnung der Dessauer Gasplätte zeigt die Konstruktionszeichnung Fig. 7, Taf. 30. Hier kann die Plätte mitsamt der Schutzplatte um einen Drehpunkt an der unteren Kante heruntergeklappt und damit von der Flamme beseitigt werden. Die Vorrichtung bezweckt einfachere Handhabung. —

Den vorbeschriebenen Apparaten zur Erhitzung von Plätten lassen sich Vorrichtungen zum Erwärmen von Brenneisen, wie solche in Theatern, Friseurgeschäften und privaten Toilettezimmern der Damenwelt Verwendung finden, anreihen. Einen derartigen Apparat, dessen Konstruktion keine nähere Erklärung braucht, stellt Fig. 8, Taf. 30, dar. —

Lötkolben-Erhitzung. Mittels gewöhnlicher Bunsenflamme werden Lötkolben in Metallbearbeitungs-Werkstätten schon seit langem erhitzt. Der Gasersparnis halber erscheint es geboten, die Flamme während des Gebrauchs des erhitzten Lötkolbens jedesmal klein zu drehen. Um beim Arbeiten diese kleine Unbequemlichkeit in Wegfall zu bringen, hat man bei Bunsenbrennern eine besondere Vorrichtung angebracht, die bei Wegnahme des Kolbens die Kleinstellung selbst besorgt. Diese Lötlampe, von der Metallwarenfabrik Mayer in Stuttgart hergestellt, ist Fig. 9 u. 10, Taf. 30, abgebildet. Eine über das Brennerrohr des gewöhnlichen Bunsenbrenners gesteckte, auf- und niederführbare Hülse trägt auf starken Drahtarmen eine Brille zum Auflegen des Lötkolbens. Derselbe verursacht durch sein Gewicht, indem er auf eine aus der Abbildung leicht erkennbare Hebelkonstruktion wirkt, daß sich die damit verbundene Hülse senkt und der Regulierhahn größere Gaszuführung gestattet, so daß eine kräftige Heizflamme entsteht. Bei Wegnahme des zum Gebrauch vorbereiteten Lötkolbens tritt ein kleines, einstellbares Gegengewicht in Wirksamkeit; dasselbe hebt wieder die Hülse empor, wodurch der Regulierhahn so weit zugedreht wird, daß eben nur eine kleine, sparsame Flamme weiterbrennt. Dieser Zustand wird durch Fig. 9 veranschaulicht; Fig. 10 zeigt den in Gebrauch befindlichen Brenner, der Lötkolben ist jedoch fortgelassen.

Einen in Bezug auf Gestaltung der Flamme wirksamen Lötkolben-Wärmeapparat zeigt Fig. 11, Taf. 30, bestehend in einem Gestell mit horizontalem Brennerrohr, über welches der Lötkolben gelegt wird.

Eigentliche Gas-Lötkolben werden in der Art gebildet, daß der Handgriff und Stiel, an welchen der Kolben sitzt, eine zentrale Bohrung haben mit Tülle zum Anschluß des Apparates an eine Gasleitung mittels langen Gummischlauches. Vorn austretend bespült das brennende Gas den Kolben fortwährend auch während des Arbeitens, so daß keine Unterbrechung für besonderes Anwärmen notwendig wird. Ein solcher Lötkolben, englischen Fabrikats, ist Fig. 12, Taf. 30, skizziert und ohne weiteres verständlich.

Eine etwas andere Form von Lötkolben, gleichfalls englischen Ursprungs, wird durch die beiden Abbildungen Fig. 13 u. 14, Taf. 30, veranschaulicht. Zufuhr des Gases erfolgt wie bei der vorher gezeichneten Konstruktion; neu ist hier die Art der Erhitzung, indem das brennende Gas aus mehreren Querschlitzen des im unteren Teile hohlen Kolbens selbst ausströmt, um den letzteren zu umspülen; Rippen neben den Ausströmungsschlitzen sollen die Wärmeaufnahme begünstigen. —

Muffelofen. Bei gewissen Glüh- und Schmelzoperationen sind die Arbeitsgegenstände unter Ausschluß unmittelbarer Berührung mit dem Feuer zu erhitzen. Man bedient sich dazu sogenannter Muffeln oder Kapellen, aus Eisen oder Schamotte gefertigte Schächte mit flachem Boden und

horizontaler Ausmündung, die durch einen Deckel verschlossen werden kann. Das Ganze wird durch Erwärmung von außen auf Glühhitze gebracht. Vorzüglich eignet sich hierzu Leuchtgas, sofern die Apparate keinen zu großen Umfang besitzen. Derartige kleinere Muffelöffen mit Gasfeuerung sind namentlich in der Edelschmuck-Industrie im Gebrauch; man bedient sich ihrer in erster Linie zur Prüfung von Metallkompositionen auf Feingehalt mittels eines als „das Abtreiben" bezeichneten Verfahrens: sodann aber auch zu technischen Manipulationen, wie zum Ausglühlen, Doubleeschweißen und zum Emaillieren von Schmuckstücken.

Einen Gasmuffelofen zu gedachten Zwecken, von Richter in Pforzheim konstruiert, zeigt Fig. 15, Taf. 30, im Durchschnitt. Der Ofen, von vorn gesehen im Umrisse eines ⌂ auf 4 Beinen ruhend, besitzt eine eiserne Hülle, während die inneren Teile in Schamotte hergestellt sind. Die eigentliche Muffel A, nur nach vorn geöffnet, wird von einer weiteren Muffel umgeben. Die Feuergase, von hinten eintretend, ziehen durch den gebildeten Zwischenraum B in der Richtung der Pfeile nach der Esse F ab; in die letztere entfernen sich auch in der Muffel etwa sich entwickelnde belästigende Dämpfe, indem sie in dem vorgesetzten Schwalch D aufsteigen.

Der hinter dem Muffelofen aufgestellte Heizapparat wird aus einer Anzahl großer Bunsenbrenner gebildet, die gemeinsame Gaszuführung y und einen Verteilungskasten G besitzen; X sind die Oeffnungen für Lufteintritt, z die nach dem Ofen hin gebogenen Brennerröhren. —

Schmelzofen. Für Schmelzprozesse in Laboratorien und gewerblichen Betrieben, unter letzteren namentlich wieder in der Edelmetall-Industrie, werden kleine Oefen für Gasheizung gebaut, in welchen der Schmelztiegel Aufstellung findet. Die bekannteste Konstruktion rührt von Perrot her; sein Ofen ist Fig. 16, Taf. 30, abgebildet. Derselbe besteht in einem dicken Schamottemantel a mit abhebbarem Deckel b, in dessen Mitte noch ein kleines Verschlußstück c mit Handgriff c′ eingesetzt ist. Innen steht eine tiegelartige Kapsel d, unten und oben offen, in deren Mitte wieder wird der eigentliche Tiegel f von einem Sockel e mittels der Stange g gehalten, welch letztere durch Schnecke v mit Schneckenrad höher und niederer eingestellt werden kann, wodurch dem Tiegel die gewünschte Höhenlage im Ofen zu erteilen ist.

Der unter dem Ofen stehende Heizbrenner gleicht dem bei vorhin beschriebenem Muffelofen angewendeten. Gaszuführung m verteilt das zugeleitete Leuchtgas in den Röhrenkranz l, von welchem sich mehrere starke Bunsenbrenner h mit Lufteinläſſen s erheben. Die Brenner neigen sich nach der Mitte hin, die Gasflammen vereinigen sich hier und schlagen in der auf der Abbildung kenntlich gemachten Weise durch den Ofen, wobei sie den Tiegel umspülen. Bei n findet Abzug in den Schornstein statt. — Eine zwischen den Brennern angeordnete Schale o dient zum Auffangen etwaigen aus dem Tiegel ausrinnenden Schmelzguts.

Der Ofen funktioniert nur unter erhöhtem Gasdruck zufriedenstellend. Durch Einschalten einer Gasuhr, deren Trommel mechanisch bewegt werden kann, läßt sich der erforderliche Druck leicht herstellen. —

Glühofen. Für den besonderen Zweck des Emaillierens schadhaft gewordener Emaillegeschirre — Einsetzen eines neuen Bodens und Emaillierung desselben — ist von D. Kegler in Mannheim ein Glasglühofen [illegible]ut worden (Patent Nr. 75858), dessen Ansicht und innere Einrichtung

Fig. 17 u. 18, Taf. 30, darstellen. Der Ofen besteht aus drei ineinander montierten gußeisernen Kästen a, a', a'', deren innerster die Glühkammer bildet, mit Schamotte ausgemauert ist, in seinen runden Bodenöffnungen die einzelnen Brenner aufnimmt und durch Oeffnungen im Deckengewölbe den Verbrennungsgasen Austritt gestattet. An der Fronte ist die Kammer durch Schieberthüre b aus Schamotte geschlossen, die zwischen den Leitschienen c mittels einer Kette und Gegengewichten leicht auf und niedergelassen werden kann.

Eigenartig ist die Heizvorrichtung. Die einzelnen Brenner (f), deren es sechs sind, werden gespeist mit einem Luft-Leuchtgasgemisch, indem Rohr d mit der Gasleitung in Verbindung steht, Rohr e mit einem besonderen Luftgebläse, von dem nachher noch die Rede sein wird. Die beiden Röhren vereinigen sich in einer Gabel y; das von hier aus abwärts führende gemeinsame Rohrstück ist in seinem Innern mit übereinandergesetzten, abwechselnd von rechts und links bis etwa zur Mittellinie des Rohres geführten Etagen ausgestattet, wodurch der vereinigte Gas-Luftstrom auf seinem Wege mehrfach gebrochen und dadurch seine innige Mischung herbeigeführt wird. Die Zufuhr von Gas und Luft kann durch Hähne d', e', außerdem die des Gasgemisches durch Hahn h und noch besonders für je zwei Brenner durch Hähne g, g', g'' geregelt werden. Für die vollständige Verbrennung tritt die Außenluft bei i durch eine Lochreihe in den Zwischenraum der Platten a und a' ein, durch Zugwirkung bewegt sie sich nach unten, verbreitet sich zwischen erster und zweiter Bodenplatte und gelangt von hier aus direkt durch die runden Bodenöffnungen bei den Heizbrennern in den Glühraum. Die Feuergase schlagen auf eine über den Heizbrennern angeordnete Schamotteplatte k und gelangen erst an deren Kanten in den Glühraum selbst. An der Decke des letzteren austretend, begeben sich die heißen Verbrennungsprodukte durch Schlitze nach dem Zwischenraum der inneren Wände a' a'' und den entsprechenden Bodenplatten, dann ziehen sie durch eine Esse l nach dem Schornstein ab. Durch diese Leitung des Feuers wird bewirkt, daß der innere Glühraum verhältnismäßig wenig Wärme verliert, während anderntells die zuströmende sekundäre Verbrennungsluft eine Vorwärmung erfährt (Wärmeregeneration) und die Temperatur im Innern des Ofens erheblich gesteigert wird. — Beim Anheizen ist es erforderlich, Schieber m zu öffnen, damit die Luft bei dem noch mangelnden Zug auf direkterem Weg zu den Brennern gelangt.

Die Speisung des Glühofens mit Preßluft bedarf eines Druckes entsprechend 30 bis 50 mm Wassersäule. Zur Erlangung desselben dient der Fig. 19, Taf. 30, abgebildete G e b l ä s e a p p a r a t, der ursprünglich speziell für Gas-Lötereien gebaut war. Von den beiden miteinander durch Röhre A verbundenen gasometerartigen Apparaten G und G_1 versieht der erstere die Funktion einer Kompressionspumpe, der letztere dient zur Aufspeicherung und gleichmäßigen Abgabe der Luft durch Rohrleitung E' (die an Rohr e des Glühofens anschließt). Im Cylinder C der Glocke G bewegt sich ein Kolben K, dessen Stange mit der Glocke verbunden ist. Durch Zuleitung von Druckwasser (einer Wasserleitung m) unter den Kolben hebt sich dieser und damit die Glocke. Durch Rohr s wird dabei Luft eingezogen, indem sich Ventil v öffnet, v^1 des Rohres d schließt. Umgekehrte Ventilstellung findet statt beim Niedergang der Glocke (wenn das Wasser aus C abfließt); dann wird die Luft durch Rohr d A E nach Glocke G_1 hinübergedrückt. Das Senken der

ersten Glocke, die durch Gewicht l an über Rollen f und b geführter Schnur nahezu ausbalanciert ist, wird nur durch ihr geringes Uebergewicht bewirkt. Die Bewegung wird eine langsamere, wenn der Druck in G_1 über ein gewisses Maß steigt, indem dort ein Regulierventil v^2 nach Art des Clegg'schen Gasdruckreglers in Wirksamkeit tritt; insbesondere findet dieses statt bei der höchsten Stellung der Glocke.

Das zum Betrieb erforderliche Druckwasser einer Wasserleitung m wird durch eine selbstthätige Steuerung mittels Hahnes H zu- und abgeleitet; es nimmt seinen Hinweg in der Richtung m H r C, den Herweg in Richtung C r H n; durch n findet dann der Abfluß statt. Um diese Umsteuerung zu bewirken, trägt die Achse der Rolle b einen lose beweglichen, einarmigen Hebel i, dessen freies Ende durch ein Gewicht belastet ist; durch einen Stift an einer Speiche des Rades b kann der Hebel mitgenommen werden. Außerdem befindet sich auf derselben Drehachse noch ein zweiter beweglicher Hebel, welcher durch eine Stange mit Steuerhahn H verbunden ist.

Die Steuerung funktioniert nun derart, daß bei abwärtsgehender Glocke G Wasser aus C nach außen (n) abfließen kann. Nähert sich die Glocke aber ihrer tiefsten Lage, so hat Rolle b sich inzwischen soweit gedreht, daß der an ihr befestigte Stift den Gewichthebel emporhebt; sobald dieser etwas über die senkrechte Stellung hinauskommt, kippt er über und nimmt dabei den neben ihm angeordneten zweiten Hebel mit, wodurch der Steuerhahn H derart umgestellt wird, daß sich der Wasserabfluß n schließt, die Zuleitung m für Druckwasser sich öffnet. Glocke G steigt jetzt; in ihrer höchsten Lage wird auf ähnliche Weise, wie gezeigt, eine Umsteuerung im entgegengesetzten Sinne bewirkt. — Der Verbrauch an Betriebswasser ist ein minimaler zu nennen; er richtet sich nach der Weite des Cylinderrohres C, dieses kann um so enger sein, je höher der verfügbare Druck in der Wasserleitung ist.

Die ganze Anlage des Glühofens nimmt einen nur mäßigen Raum in Anspruch; der Ofen selbst besitzt einen äußeren Raum von 1 cbm, der Gebläseapparat beansprucht etwa 1,5 qm Bodenfläche. Wie Verfasser selbst sich zu überzeugen Gelegenheit hatte, kann der kalte Ofen innerhalb $1^1/_2$ Stunden bis nahe auf Weißglut erhitzt werden, wozu ein Gasaufwand von 9 bis $9^1/_2$ cbm die Stunde erforderlich wird; die Temperatur kann dann mit 6 cbm stündlichem Gasverbrauch weiter erhalten werden. In 10 Arbeitsstunden können bequem 200 Töpfe, die bereits mit neuen Böden versehen sind, frisch emailliert werden, sofern eine Person den Brand beaufsichtigt, zwei andere das Reinmachen der Geschirre und zwei das Auftragen der Emaille besorgen. Als Emaillierofen soll der Kegler'sche Gasglühofen in einzelnen größeren Städten zur Gründung je eines besonderen Gewerbebetriebes Anlaß geben. Die erste derartige Anlage wurde in Mannheim eingerichtet.

Konkurrenzverhältnisse zwischen Gas und Elektrizität.

In neuerer Zeit ist der Gasindustrie durch den hervorragenden Aufschwung der Elektrotechnik eine Konkurrenz erwachsen, deren Bedeutung in Fachkreisen vielfach erörtert wird, während das große Publikum die Frage auch gern kurzerhand zu gunsten der Neuerung entscheidet. Es läßt sich in der That nicht leugnen, daß die Elektrizität in ihren vielfachen Anwendungen, namentlich zu Beleuchtungszwecken, viel Bestechendes hat; das Medium, durch dünne Drähte geleitet, scheint keinen Raum zu erfüllen und zeigt sich nur wirksam, wo es gebraucht wird; Apparate und Maschinen arbeiten, wie von unsichtbarer Hand getrieben, namentlich die letzteren finden wegen ihrer kompendiösen Gestalt, schmuckem Aussehen und reinlichem Betrieb ungeteilten Beifall. Als Ausstellungsgegenstand sind die elektrischen Apparate wie geschaffen; welchem Umstande nicht in letzter Linie die elektrotechnischen Ausstellungen der letzten Jahre, insbesondere die große zu Frankfurt a. M. 1891, es zu verdanken haben, daß sie bei Technikern und Laien so großen Anklang fanden, den sie auch noch für eine längere Reihe von Jahren finden werden. Nicht ganz mit Unrecht spricht man bereits von einem „Elektrizitätsfieber“, welches die weitesten Kreise ergriffen hat; namentlich erwartet man auf der Seite von Nichtfachleuten einen derartigen Umschwung in der Technik mit Hilfe der Elektrizität, daß die anderen Kräfte mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt und wohl gar allmählich ganz von der Bildfläche verschwinden würden. Die Erscheinung findet beispielsweise darin ihren deutlichen Ausdruck, daß insbesondere kleine Gemeindewesen, die seit Jahren vor der Frage einer Lichtcentrale stehen, immer noch zögern mit der Anlage einer Gasfabrik, in der Erwartung, daß die Elektrizität binnen kurzem einen weiteren, ihre Anwendung verbilligenden Fortschritt zu verzeichnen hätte; die Gasindustrie hat einen solchen inzwischen gemacht in der Erfindung des Auerschen Glühlichtes, wodurch sich der Abstand zu gunsten des Gases nur vergrößert hat. Doch hiervon das Nähere weiter unten, wo vom Wettstreit der Beleuchtungskörper in technischer Hinsicht die Rede sein wird. Anders liegen im allgemeinen die Verhältnisse in großen Städten, in deren Ver-

waltungskörper sich immer unparteiische, technisch geschulte Kräfte finden, welche die Elektrizitätsfrage auf ihren richtigen Wert zurückzuführen wissen. Es wäre unklug, die Elektrizität in ihrer Fortentwickelung hemmen und ihre Einführung hindern zu wollen. Gerade in großen Städten jedoch, wo als eine Luxusbeleuchtung die elektrische die meiste Berechtigung besitzt, befinden sich zur Zeit neben den Elektrizitätswerken immer noch die Gasfabriken in der schönsten Blüte. Als ein Beleg für das Gesagte können die statistischen Angaben der Berliner Elektrizitätswerke neben denjenigen der Gaswerke aus den Betriebsjahren 1888/89 und 1889/90 dienen. Für erstere stellt sich die

	1888/89	1889/90	Zunahme
Zahl der Abnehmer	475	862	387
Zahl der Lichtquellen in Kerzen	46710	74269	27559
Zahl der Lampen-Brennstunden	19,8 Mill.	41,8 Mill.	22 Mill.

Was demgegenüber den Gasverbrauch betrifft, so stieg derselbe innerhalb des einen Betriebsjahres 1890/91 von 72,4 Millionen Kubikmeter auf 77,4 Millionen; die Zunahme der Flammenzahl belief sich auf 50000. Trotz der rapiden Verbreitung der elektrischen Beleuchtung innerhalb eines Jahres wuchs der Gasverbrauch demnach um beinahe 7 Prozent, bei einem erheblich größeren Reingewinn der Fabriken gegenüber dem vorangegangenen Jahr, wobei noch zu berücksichtigen, daß auf Grund eines Abkommens der städtischen Verwaltung der Gasbedarf für die in demselben Betriebsjahre stattfindende Unfallverhütungsausstellung von seiten der Gasanstalten umsonst geliefert werden mußte (und zwar 73000 cbm Gas).

Gerade zur Zeit der außerordentlichen Verbreitung des elektrischen Lichtes in Berlin wurde die Nachfrage nach Gas eine vermehrte; die bereits vorhandenen 4 Gaswerke konnten dem zunehmenden Lichtbedarf nicht mehr genügen; trotz der neuen Konkurrentin ließ sich die Erbauung einer fünften Gasanstalt nicht umgehen; dieselbe erhielt einen Gasbehälter von dem kolossalen Fassungsraum ovn 56000 cbm. Von da ab ist allerdings ein Ruhezustand eingetreten, da dem Gasbedürfnis bis auf weiteres Rechnung getragen ist.

In allen anderen großen Städten hat der Gasbedarf gerade im Verlauf des letzten Dezenniums bis auf den heutigen Tag zugenommen, wie aus der Statistik hervorgeht. So hat die Dessauer Gasgesellschaft in dem Betriebsjahr 1890/91 eine Zunahme ihrer Produktion um annähernd $1^1/_2$ Millionen Kubikmeter Gas erfahren, 4,62 Prozent ihrer seitherigen gesamten Produktion. Der genannten Gesellschaft gehören die Gaswerke der folgenden Städte an: Frankfurt a. O., Potsdam, Dessau, Luckenwalde, M.-Gladbach, Hagen, Warschau, Erfurt, Nordhausen, Lemberg, Gotha, Ruhrort, Herbesthal.

Ein allgemeiner Rückgang des Gaskonsums infolge der Verbreitung der elektrischen Beleuchtung hat sich nirgends gezeigt. Im Gegenteil. Es hat den Anschein, daß gerade da, wo Elektrizität Eingang gefunden hat, das Lichtbedürfnis im allgemeinen ein größeres wurde; denn überall an solchen Orten hat sich auch die Nachfrage nach Gas verstärkt. Dies liegt in der Natur der Sache selbst. Man kann nicht von einem bestimmten Maße des Lichtes sprechen, welches dem Auge zu dessen Befriedigung unbedingt erforderlich wäre, gleichsam wie etwa unsere Lunge innerhalb einer gewissen Zeit einer bestimmten Luftmenge bedarf. Bevor wir weder Gas hatten, noch irgend eine andere künstliche Lichtquelle, welche der letzteren an Leistungsfähigkeit gleichkam,

war das Bedürfnis nach mehr Licht nirgends vorhanden. Mit der Einführung des Gases machte jedoch dieses Bedürfnis einen Sprung vorwärts, die alten Beleuchtungsmethoden konnten den Anforderungen nicht mehr überall genügen, auch sie mußten eine Vervollkommnung erfahren, welche wir in der Fabrikation der Stearinkerze und in der Verwendung des Petroleums verkörpert sehen dürfen. Das Bedürfnis des Auges war damit zunächst wiederum befriedigt, es unterschied sich gegen früher nur dadurch, daß es auf ein höheres Maß geschraubt war; in der Gastechnik selbst aber dachte man kaum daran, noch vollkommenere Beleuchtungsapparate zu bauen.

Es kann daher auch nicht wunder nehmen, wenn in unserer Zeit der Lichtfülle, welche durch die Elektrizität dann und wann geboten wird, das Verlangen nach intensiverer Beleuchtung neuerdings wieder um eine weitere Stufe gesteigert worden ist. Wo die Gastechnik mit der Vervollkommnung der Beleuchtungsapparate nicht mehr ausreichen konnte, da wurde einfach die Flammenzahl vermehrt, man wollte überall nur mehr Licht haben. Und dies spricht sich nun auch thatsächlich aus in der überall wahrnehmbaren Erscheinung, daß der Verbrauch an Gas während der letzten Jahre stetig zunimmt.

Es soll nicht vergessen werden, daß die allgemeine Steigerung des Lichtbedürfnisses, deren Grund wir auf die Einführung der elektrischen Beleuchtung zurückführten, auch nochmals auf sämtliche übrigen Beleuchtungsarten, außer dem Gas, einen Rückschlag ausübte und ein erneutes Emporblühen derselben hervorbrachte. Diese interessante Erscheinung machte sich vornehmlich bemerkbar im Hinblick auf die Petroleumbeleuchtung, welche sich innerhalb der letzten Jahre in allen ihren Teilen ganz erheblich vervollkommnet hat, derart zwar, daß hieraus teilweise dem Gas eine ernstlichere Konkurrenz erwachsen ist, als aus der elektrischen Beleuchtung.

Aber nicht nur liefern uns die statistischen Erhebungen den Beweis, daß die Gasbeleuchtung in ihrer Lebensfähigkeit durch die elektrische Rivalin keine Einbuße erlitten hat; es offenbaren sich auch dem Fachmanne die technischen Gründe, auf welche dieses erfolgreiche Ringen des Gases um seine Existenzberechtigung unmittelbar zurückzuführen ist, und es muß namentlich der zu geringen Kenntnis dieser Verhältnisse in den Kreisen der Nichtfachleute das Vorurteil zugeschrieben werden, welches sich vielfach dem Gas zu gunsten der Elektrizität entgegenstellt.

Im technischen Teile dieses Werkes ergab sich schon des öfteren die Gelegenheit darauf hinzuweisen, wie das Gas dem Verbraucher unter der günstigsten Nutzwirkung dargeboten wird, sei dieses zu Zwecken der Beleuchtung oder denen der Heizung, um so das Gas dem Abnehmer mehr und mehr unentbehrlich zu machen. Wir fassen hier zunächst die Beleuchtungsfrage ins Auge. Die hierzu dienenden Apparate sind, wie sie uns heute in der höchsten Vollkommenheit zur Verfügung stehen, in einem besonderen Abschnitt dieses Werkes beschrieben, und wurde gerade diesem Teil einige Ausführlichkeit gewidmet im Hinblick auf die Bedeutung, welche den Beleuchtungskörpern im Kampf des Gases mit der Elektrizität zukommt, und worauf nun im folgenden des näheren eingegangen werden soll.

Bei der Beleuchtung mittels Elektrizität haben wir es mit zwei grundsätzlich verschiedenen Arten von Beleuchtungskörpern zu thun, der Bogenlampe und der Glühlampe. Bekanntlich wirkt die erstere in der Weise, daß der elektrische Strom zwei sich genäherte Kohlenstäbe durchfließt. Die

Kohlenstäbe gelangen an ihren verjüngten Enden, die sich gegenüberstehen, zufolge des hohen Widerstandes, welchen hier der elektrische Strom findet, in helle Weißglut; außerdem wird durch die von den beiden Kohlenspitzen überspringende Elektrizität ein Lichtbogen von außerordentlicher Intensität gebildet; beide Wirkungen zusammen machen das Licht der Bogenlampe aus. Die Apparate werden gefertigt mit einer Lichtstärke von 150 Normalkerzen beginnend bis zu mehreren tausenden Lichteinheiten.

Das elektrische Glühlicht wird hervorgerufen, indem der durch eine (ununterbrochene) Kohlenfaser hindurchfließende elektrische Strom infolge des hier vorhandenen Leitungswiderstandes die Kohle zum Glühen bringt; damit die letztere nicht verbrennt, ist sie dem atmosphärischen Sauerstoff entrückt, indem sie in einer luftleer gepumpten Glasbirne eingeschlossen ist. Mittels der elektrischen Glühlampen werden Lichtstärken von gewöhnlich 16 bis 25 Normalkerzen erlangt, doch hat man auch solche Beleuchtungskörper mit Lichtwirkungen von 8 und bis zu 100 Kerzenstärken hergestellt.

Zu Beginn der allgemeineren Verbreitung der elektrischen Beleuchtung hatte es den Anschein, als ob diese der Gasbeleuchtung gegenüber einen entschiedenen Vorsprung gewinnen sollte durch die starken Lichtquellen, welche ihr im Bogenlichte zur Verfügung stehen. Aber auch hier vermochte die Gasindustrie Schritt zu halten, indem sie sich gleichzeitig noch verbesserte; es gingen, angespornt durch die Konkurrenz des elektrischen Lichtes, Lampenkonstruktionen für Gas hervor, welche dieselbe Lichtfülle zu liefern im stande waren, wie die gewöhnliche Bogenlampe; und dabei fand sich auch, daß mit dem höheren Gasverbrauch einer Lampe eine relative Gasersparnis sich vereinigte, indem 1 l des in der Intensivlampe verbrennenden Gases mehr Licht lieferte, als 1 l der gewöhnlichen Gasbrenner.

In der Wirkung zeigt das ältere Gaslicht mancherlei Vorzüge gegenüber dem elektrischen Bogenlicht. Nicht nur ist es die bläulich-weiße Farbe des Bogenlichtes, welche, dem viel wärmeren gelblichen Ton der Gasflamme gegenüber, von Vielen als unschön empfunden wird; die Erfahrung hat auch gezeigt, daß seine Strahlen unter bestimmten Umständen nicht so weit zu dringen vermögen, wie die Strahlen von Gasflammen gleichstarker Lichtquellen. Dies findet dann statt, wenn die Luft mehr oder weniger mit Nebel erfüllt ist, eine Thatsache, welche wahrzunehmen auch dem Laien nicht schwer fällt. Dieser Mißstand des elektrischen Bogenlichtes ist namentlich schon bei der Seeschiffahrt als ein großer Nachteil erkannt und getadelt worden im Hinblick auf die Einführung der elektrischen Beleuchtung auf einzelnen Leuchttürmen, und es ist bereits in England eine lebhafte Bewegung gegen dieselbe im Gange.

Um jedoch auf den ersteren Punkt zurückzukommen, die Empfindung der beiden Beleuchtungsarten durch das Auge, so verdienen hier namentlich die vergleichenden Untersuchungen bemerkt zu werden, welche in Paris nach dieser Richtung hin ausgeführt worden sind. Man hat dort, um Gas und Elektrizität in ihrer Gesamtwirkung in Parallele zu stellen, einige der größten Verkehrsstraßen entweder ganz auf die eine oder ganz auf die andere Art beleuchtet, indem man einerseits Bogenlampen, andererseits Intensiv-Gaslampen von entsprechender Lichtstärke aufstellte. Das Ergebnis mußte zu gunsten der Gasbeleuchtung entschieden werden; dahin lautete auch ein Urteil Edisons, welcher aus seiner eigenen Anschauung (gelegentlich seiner Gegenwart

bei der Weltausstellung 1889) nur die mit Gas versorgte Straße als „splendid beleuchtet“ bezeichnen konnte.

Bezüglich der Kostenfrage ist zu konstatieren, daß das elektrische Bogenlicht dem Gaslicht für gleiche Lichtstärke erheblich überlegen ist; es kostet im ungünstigsten Falle nur etwa $^1/_5$ soviel; dabei ist aber zu bemerken, daß bei Verwendung im Freien das Licht für gleichmäßige Beleuchtung viel höher angebracht werden muß als das Gaslicht, und dabei ein Teil seiner Wirkung verloren geht.

Es soll im folgenden dargethan werden, daß die lichtstarken Lampen, sowohl für Gas wie auch für Elektrizität, nur unter ganz bestimmten Umständen mit Vorteil Verwendung finden können. Wir müssen, um mit diesen Verhältnissen bekannt zu werden, die Beleuchtung eines Raumes, beziehungsweise einer ebenen Fläche, etwas näher ins Auge fassen. Soll eine Fläche von beispielsweise 100 qm zu ihrer Beleuchtung eine bestimmte Menge Lichtes empfangen, sagen wir 100 Kerzenstärken, so kann dies zunächst auf zweierlei Weise geschehen:

I. Man kann sich das ganze Licht von 100 Kerzenstärken in einer einzigen Lichtquelle vereinigt denken, welche sich senkrecht über dem Mittelpunkt der Ebene befindet und von hier aus nach allen Seiten das Licht ausstrahlt, insbesondere nach der darunter befindlichen Ebene.

II. Die letztere kann aber auch in der Weise beleuchtet sein, daß oberhalb jedem ihrer Teile von je 1 qm Oberfläche eine Lichtquelle von 1 Kerzenstärke Platz findet.

In beiden Fällen empfängt die Ebene Licht von 100 Kerzenstärken, mit dem Unterschiede jedoch, daß im ersten Falle das Licht von einem Punkte aus über die Ebene verbreitet wird, im zweiten dagegen von 100 einzelnen Punkten verteilt auf dieselbe herabfällt. Man wird wahrnehmen, daß im letzteren Falle die Ebene gleichmäßig beleuchtet ist, während durch die einzige große Lichtquelle die Ebene in ihrem senkrechten Abstande sehr stark, nach außen zu jedoch nur verhältnismäßig schwach beleuchtet ist, und zwar wird dieses Mißverhältnis um so augenfälliger werden, je weniger die Lichtquelle von der Ebene entfernt ist.

Die Intensität des Lichtes steht im umgekehrten Verhältnis zum Quadrate der Entfernung; ist daher beispielsweise ein äußerer Punkt der Ebene von der Lichtquelle doppelt soweit entfernt, wie der Mittelpunkt, so empfängt er nur $^1/_4$ der Lichtmenge des letzteren.

Hieraus folgt die praktische Nutzanwendung, daß man, um die vergleichsweisen Abstände verschiedener Punkte einer Ebene von einer gemeinsamen Lichtquelle geringer erscheinen zu lassen, Lichtquellen von hoher Intensität nur da mit Vorteil zur Verwendung bringen kann, wo denselben ein gegenüber der Größe der zu beleuchtenden Fläche hoch gelegener Aufstellungspunkt zu geben ist. Die elektrische Bogenlampe eignet sich daher nur zur Beleuchtung hoher Räume, also Säle, Fabriken, Bahnhöfe und namentlich freier Plätze; nicht aber für geschlossene Räume von gewöhnlicher Höhe, es sei denn, daß man hier, um dennoch eine gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen, eine größere Anzahl von starken Lichtquellen anbringt, wodurch aber eine offenbare Verschwendung von Licht Platz greift. — Dasselbe gilt selbstverständlich auch bezüglich der sehr lichtstarken Intensiv-Gaslampen.

Handelt es sich also um die zweckmäßige Beleuchtung eines Raumes von verhältnismäßig geringer Höhe, so wird man, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Lichtes zu erlangen, Lampen von geringerer Stärke

verwenden müssen. Die Gasindustrie liefert uns die Brenner in allen Größenverhältnissen ihres Wirkungsgrades. Bei elektrischer Beleuchtung müssen wir bei etwa 150 Normalkerzenstärken abwärts die Bogenlampe verlassen, bis wir unterhalb 100 Kerzenstärken das elektrische Glühlicht antreffen, welche Beleuchtungskörper in absteigender Folge bis zur Leistungsfähigkeit der gewöhnlichen Schmetterlingsbrenner für Gas hergestellt werden.

Die Beleuchtungsart mit elektrischen Glühlampen kann jedoch um vieles weniger gegen das Gas konkurrieren als die lichtstarke Bogenlampe, in beiden Fällen natürlich gleichstarke Lichtquellen einander gegenübergesetzt; es liegt dies an prinzipiellen Unvollkommenheiten, welche der Glühlampe anhaften. Diese Verhältnisse, welche Lux durch Versuche erwiesen hat und gelegentlich der Versammlung deutscher Gas- und Wasserfachmänner in Straßburg (Juni 1891) zum Vortrag brachte, lassen sich kurz in der folgenden Weise erklären. Wir wissen, daß die Gasbrenner der verschiedensten Konstruktionen durch Erhöhung des Gasdruckes, also mit erhöhtem absolutem Gasverbrauch, ihre relative Leistungsfähigkeit bis zu einem gewissen Punkte steigern; bei diesem günstigsten Gasverbrauch liefert 1 l Gas die meisten Lichteinheiten; bei noch weiter gesteigertem Gasverbrauch findet wieder eine Abnahme des relativen Leuchtvermögens statt*).

In entsprechender Weise sendet auch der Kohlenfaden der elektrischen Glühlampe in stets wachsendem Verhältnis immer mehr Licht aus, je mehr Elektrizität dieses Medium durchfließt, d. h. je höher die Spannung der Elektrizität ist. So konnte festgestellt werden, daß durch Vermehrung der Spannung in einer Glühlampe um 2 Prozent von der gesamten Spannung die Lichtstärke sich annähernd verdoppelte. Indessen ist es nicht möglich, von dieser an sich günstigen Eigenschaft des elektrischen Glühlichtes ausgiebigen Gebrauch zu machen, weil noch eine Erscheinung hinzutritt, welche der steigenden Leistungsfähigkeit entgegenarbeitet und zwar gleichfalls im wachsenden Verhältnis. Es ist dies der Umstand, daß mit vermehrter Spannung und Lichtwirkung auch die Temperatur ganz erheblich vermehrt wird, wodurch die Kohlenfaser verflüchtigt und damit allmählich zerstört wird; und zwar, wie schon angedeutet, von einem gewissen Punkte an sehr rasch. Wir ersehen hieraus, daß es in der Praxis niemals erlaubt ist, die Glühlampe höher als bis zu einer ganz bestimmten Grenze zu beanspruchen, wennschon ihre höchste Leistungsfähigkeit noch lange nicht erreicht ist. Diese Grenze wird einerseits durch den Preis des Lampenkörpers, andererseits durch den Preis der Elektrizität geregelt.

Wir erkennen auch, daß der elektrische Strom nur innerhalb sehr enger Grenzen wird schwanken dürfen, sowohl im Hinblick auf die Stetigkeit des Lichtes, welche gefordert wird, als auch auf die soeben auseinandergesetzten Nachteile, welche die Ueberschreitung der normalen Spannung auf den Glühkörper ausübt. Man sucht es in der Praxis zu vermeiden, daß diese Spannungen des Stromes um mehr als $\pm$ 1 Prozent sich ändern. Trotz alledem ist die Lebensdauer der elektrischen Glühlampen nur eine beschränkte, sie hat, selbst bei den besten Konstruktionen, mit 1000 bis 1500 Brenn-

*) Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß die Grenze des günstigsten Gasverbrauchs zweckmäßig durch Einschaltung eines Brennerregulators fixiert werden kann (vergl. S. 330); ein zu hoher Gasdruck wird dann bis zu der vom Regulator festgesetzten Grenze des höchsten zulässigen und günstigsten Gasverbrauches herabgestimmt.

stunden ihr Ende erreicht, nicht zum wenigsten dadurch veranlaßt, daß die von dem Kohlenfaden abgeschiedenen Teilchen als ein dünner Schleier die Glasbirne von innen auskleiden und deren Lichtdurchlaßvermögen dadurch allmählich in ganz erheblichem Grade beeinträchtigen.

Es wurde bereits bemerkt, daß hinsichtlich der Preisfrage bei Beleuchtung mit elektrischem Bogenlicht diesem in vielen Fällen der Vorzug ein geräumt werden kann.

Anders steht es in dieser Beziehung mit der Beleuchtung durch elektrisches Glühlicht. Diese wird auf alle Fälle teurer zu stehen kommen, als die Gasbeleuchtung, ohne die Vorzüge der letzteren überall erreichen zu können. Die Annehmlichkeiten der Glühlichtbeleuchtung sollen nicht verkannt werden, sie bestehen hauptsächlich im bequemen Entzünden, dem nicht erforderlichen Reinigen der Lampenkörper, der Geruchlosigkeit gegenüber dem Gas, der geringen Wärmeentwickelung und dem vollständigen Fehlen der Verbrennungsprodukte Kohlensäure und Wasserdampf. Diese Vorzüge fallen jedoch nur dann ins Gewicht, wenn weniger auf Oekonomie als auf die Forderungen, welche der Luxus und die Bequemlichkeit stellen, Rücksicht genommen werden soll. Nur von diesem Gesichtspunkte aus findet auch die große Verbreitung der elektrischen Beleuchtung in Berlin ihre Erklärung, sie steht im vollen Einklang mit dem Reichtume der Stadt, in welcher allein einige hundert Millionäre wohnen. An eine Verdrängung der Gasbeleuchtung ausschließlich zu gunsten der elektrischen wird aber auch da nie zu denken sein, wenigstens ist zur Zeit noch keine Aussicht dazu vorhanden, und wird diese in dem Maße immer mehr benommen werden, als die Beleuchtung mit Gas und Petroleum eine mehr und mehr billigere wird und sich vervollkommnet.

Anfangs stellte sich das elektrische Glühlicht im Verkauf an das Publikum doppelt so teuer, als das gewöhnliche Gaslicht, jetzt ist es mindestens noch um die Hälfte teurer. Der Preisunterschied wird noch größer, wenn man an Stelle des gewöhnlichen Gaslichtes das Auer-sche Gasglühlicht in Vergleich nimmt, welch letzteres im Beleuchtungswesen einen geradezu siegreichen Einzug hält und jetzt, da die anfänglichen technischen Schwierigkeiten beseitigt und die Bedenken im Publikum geschwunden sind, sich allgemeiner Beliebtheit und immer größerer Verbreitung erfreut. Wohl das eingehendste und umfassendste Urteil über den Wert des Auer-schen Gasglühlichtes gegenüber elektrischem Glühlicht hat G. Hartwig, Mitglied des Stadtverordneten-Kollegiums von Dresden, in einem Berichte niedergelegt, der sich zu einem stattlichen Werke, bestehend aus 3 Büchern, ausgebildet hat; Anlaß zu demselben gab die Absicht der Dresdener Gemeindeverwaltung, eine städtische elektrische Centralanlage zu errichten. Ohne auf die detaillierten Berechnungen einzugehen, welche ein umfangreicher Abschnitt der Arbeit lediglich über das Gasglühlicht enthält, ist als Hauptresumee aus demselben hervorzuheben:

Ein Gasglühlichtkörper gibt bei durchschnittlichem Druck und Konsum in jedem Stadium seiner Lebensdauer $3^1/_2$ mal so viel Licht als die übliche 16kerzige elektrische Glühlampe; denn er hat eine durchschnittliche Anfangsleuchtkraft von 56 Normalkerzen (vergl. S. 326) und beide verlieren bei der Benutzung gleichmäßig so viel, daß das Verhältnis von 1 zu $3^1/_2$ vom Anfang bis zum Ende bestehen bleibt.

Die Dauer des Gasglühlichtkörpers ist durchschnittlich genau so groß, wie die Dauer der elektrischen Glühlampe.

Das elektrische Glühlicht aus Centralen ist durchschnittlich 6 mal so teuer wie Auersches Gasglühlicht; Hausinstallationskosten bei ersterem sind 7 bis 8 mal so teuer, wie bei letzterem. — Hierzu muß noch bemerkt werden, daß zur Zeit dieser Kalkulation (1894) die Auersche Lampe noch den hohen Preis von 15 Mark das Stück besaß; innerhalb eines Jahres ist derselbe auf 6 Mark heruntergegangen, und voraussichtlich wird er noch niedriger werden, wenn die Patente abgelaufen sind. Diese Aussicht erheblicher Verbilligung erscheint der elektrischen Lampe vorerst verschlossen.

Die Nachteile von Gasbeleuchtung treten beim Auerlicht bedeutend zurück; das letztere entwickelt — bezogen auf gleiche Lichtstärken — nur $^{1}/_{5}$ so viel Wärme, wie die gewöhnliche Schmetterlingsflamme, im Vergleich mit elektrischem Glühlicht gibt es $3^{1}/_{2}$ mal so viel Wärme wie dieses.

Der Abstand der beiden miteinander konkurrierenden Beleuchtungsarten ist ein so bedeutender, daß wohl kaum einen Augenblick ein Zweifel darüber herrschen kann, daß dem Gaslicht in ökonomischer Hinsicht entschieden der Vorzug eingeräumt werden muß, und es steht zu erwarten, daß sich diese Ueberzeugung allmählich auch in den weiteren Kreisen Bahn brechen wird, bei welchem man sich bisher noch abwartend verhalten zu müssen glaubte. Als Luxusbeleuchtung wird die elektrische Glühlichtbeleuchtung auch fernerhin ihr Feld behaupten. —

Die Streitfrage, ob Gas oder Elektrizität, hat sich bis hierher ausschließlich um die Verwendung der beiden zu Zwecken der Beleuchtung gedreht. Es bedarf kaum des besonderen Hinweises, daß in der Verwendung des Gases zu Heizungszwecken die Gastechnik eine ihrer mächtigsten Stützen zu erblicken hat, da von einem Wettbewerb der Elektrizität hier überhaupt nicht mehr die Rede sein kann. Für gewisse technische Heizoperationen ist auch die Elektrizität an ihrem Platz, und zwar da, wo die höchsten erreichbaren Temperaturen an einem Punkte konzentriert werden sollen; man erreicht das mittels des elektrischen Lichtbogens; oder wo ein Gegenstand lokal stark erhitzt werden soll (elektrisches Schweißen). Eine Verallgemeinerung des elektrischen Heizens läßt sich nicht annehmen, wenn auch Anstrengungen gemacht worden sind, um dafür dienende Apparate aufzubringen (elektrisches Bügeleisen, Zimmerofen, Kochapparate ꝛc.); die elektrische Wärme ist für diese Zwecke viel zu teuer, das Mißverhältnis gegen Gas noch ein größeres, als bei der Beleuchtung. Wie an verschiedenen Stellen dieses Werkes gezeigt worden ist, gehen die Bestrebungen in neuerer Zeit darauf hinaus, einesteils das Gas durch bedeutende Herabsetzung seines Preises, oft bis zur Hälfte, zu verbilligen, sofern es zur Heizung verwendet wird, andererseits neue und sehr zweckmäßige Apparate zu konstruieren, mittels derer das Gas dem Konsumenten zu Heizungszwecken dargeboten wird. Wenn wir uns auch nach dieser Richtung hin noch in einem Versuchs- oder doch wenigstens noch im Anfangsstadium bewegen, so werden wir doch auf kurz oder lang dahin gelangen, daß das Gas in den privaten Haushaltungen ebensowenig für die Zwecke der Heizung entbehrlich geworden sein wird, wie jetzt bereits für die Beleuchtung.

Ueber die Verwendung des Gases zu Kraftzwecken kann aus dem Vorhergehenden nur auf die S. 299 gegebenen Andeutungen Bezug genommen werden, da ein Eingehen in die Einzelheiten dieser Materie für vorliegendes Werk nicht vorgesehen war. Die Gegenüberstellung von Gas zu

anderen Betriebsmitteln, insbesondere Elektrizität, verlangt hier jedoch noch einige allgemeine Ausführungen über den Gasmotor. Der Dampfmaschine gegenüber zeigt ein solcher Motor alle Eigentümlichkeiten, welche überhaupt den Kraftmaschinen mit Centralisierung der bewegenden Kraft — außerdem noch den Druckluftmotoren, Wassermotoren und Elektromotoren — zukommen: durch Fortfall des Dampfkessels bedingte erhebliche Verminderung der Anlagekosten, Beanspruchung nur geringen Raumes für Aufstellung der Maschine, Wegfall fortwährender Beaufsichtigung der Maschine, rasche Inbetriebsetzung und beliebige Unterbrechung des Betriebes ohne Kraftverlust.

Die Elektrizität muß bekanntlich erzeugt werden mittels einer Dynamomaschine, welche ihren Antrieb erhält durch eine Kraftmaschine (Turbine, Dampfmaschine, Gasmotor). Zur Fortleitung der erzeugten Elektrizität in den Leitungsdrähten ist ein gewisser Aufwand von Energie erforderlich, entsprechend dem Druck, welcher Flüssigkeiten oder Gase in Röhren fortbewegt. Diese Energie wird aus der erzeugten Elektrizitätsmenge selbst genommen, sie macht beispielsweise bei elektrischen Centralen 5 bis 10 Prozent der gesamten erzeugten Energie aus, welcher Aufwand also von vornherein in Verlust zu setzen ist. Zur Bewegung des Gases ist infolge des Reibungswiderstandes in den Röhren wohl ebenfalls Kraft erforderlich, allein dieselbe verschwindet gegenüber der bewegten Masse des Gases; Lux berechnet dieselbe zu noch nicht $^1/_{10}$ Prozent. Es gibt gewiß ausnahmsweise Fälle, in welchen auch ein größerer Kraftverlust vernachlässigt werden kann; wie etwa, wenn sehr große Wasserkräfte für die Bewegung der Elektrizität erzeugenden Maschinen zur Verfügung stehen, die mit verhältnismäßig geringen Anlagekosten nutzbar gemacht werden können, wie dies z. B. am Rheinfall bei Schaffhausen zutrifft. Auch in dem Falle wird der Energieverlust wenig zu bedeuten haben, wo nur kleine Arbeitsmotoren in Benutzung kommen und die Vorzüge des elektrischen Antriebs sehr ins Gewicht fallen. Ein ganz prägnantes derartiges Zutreffen bietet die Satdt Pforzheim (Baden) mit ihrem Elektrizitätswerk, welches den vielen ansässigen Goldarbeitern — es sind deren über 500 — Strom in jeweils kleinen Mengen liefert.

Außer der Dampfkraft sind noch die Systeme der Kraftübertragung mittels Wasser und Druckluft in Betracht zu ziehen, durch deren Gegenüberstellung zur Gaskraft gezeigt werden soll, daß auch diese gegenüber der elektromotorischen Kraft in pekuniärer Hinsicht günstigere Betriebsergebnisse aufzuweisen vermögen.

Es ist nicht leicht, zahlengemäß auszudrücken, in wie weit sich der Betrieb mit der einen Art von Kraftmaschine einer anderartigen gegenüber vorteilhaft gestaltet. Der Grund dieser Schwierigkeit liegt einmal in den verschieden berechneten Anschaffungskosten der Motoren selbst, welche sich nach der Konstruktion der Maschine, den dazu verwendeten Materialien, Arbeitslöhnen und schließlich dem vom Fabrikanten gewünschten Reingewinn bemessen. Am einfachsten in dieser Hinsicht liegen noch die Verhältnisse bei den Gasmotoren, sofern hier allen Konstruktionen die eine sehr verbreitete Form des Deutzer Gasmotors (System Otto) zu Grunde gelegt ist, die alle mit fast der nämlichen Nutzleistung arbeiten. Nach einer anderen Richtung wird die Kostenberechnung der Betriebskräfte erschwert durch die an verschiedenen Orten verschiedene Preise der Kraftträger: Gas, Wasser, Elektrizität und Druckluft. Ein Vergleich der Pariser Druckluftanlage gegenüber der Gaskraft in einer deutschen Stadt ist beispielsweise nicht wohl an-

gängig. Prof. Riedler hat in einer sorgfältigen Arbeit die Anlage- und Betriebskosten für die namentlich im Gewerbe vielfach gebräuchlichen Kleinmotoren mit Kraftleistungen von $^1/_4$, $^1/_2$, 1, 2, 3, 4 und 6 Pferdekräften berechnet. Es wurden hierfür allerdings gleichfalls nur die Preisverhältnisse bestimmter Plätze zu Grunde gelegt, wie dies ja nicht anders möglich ist, doch wurden nur Preislagen von Orten desselben Landes einander gegenüber gestellt, und hier noch der Vergleich der Betriebskosten desselben Motors an verschiedenen Orten geboten, so daß eine Verallgemeinerung der gezogenen Schlüsse immerhin bis zu einem gewissen Grade gestattet ist.

Es würde zu weit führen, sollte an dieser Stelle auf die Berechnungen selbst im Einzelnen näher eingegangen werden; es muß auf die Original-Abhandlung selbst in der „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure“ 1891, S. 299, verwiesen werden. Die Ergebnisse jener Studie führen zu einer Zusammenstellung der Betriebskosten verschiedener Motoren, welche sich auf nebenstehender Seite mitgeteilt finden, so weit die Zahlen auf Grund der in Deutschland herrschenden Preisverhältnisse berechnet worden sind. Bezüglich der Berechnung der Betriebskosten sei noch erwähnt, daß sich dieselben außer dem Aufwande an Gas oder Elektrizität, Oel, Wartung u. s. w. selbstverständlich noch zusammensetzen aus den Zinsen, der Abschreibung und den Reparaturen der Betriebsanlage, die im allgemeinen 11 bis 14 Prozent des Anlagekapitals ausmachen.

Diese Abschreibungssumme bedingt denn auch, daß die Anzahl der Betriebsstunden auf das Ergebnis der Kostenberechnung von Einfluß ist. In der Tabelle finden sich eine 5stündige und eine 10stündige Betriebsdauer nebeneinander gestellt.

Erheblich billiger als mit dem aus bestehenden Centralen bezogenen Leuchtgas, dessen Preis wir zu 12 Pf. das Kubikmeter ansetzten, stellt sich der Motorbetrieb bei Verwendung von Wassergas, welches in einigen Etablissements eigens zu diesem Zwecke hergestellt wird, und das im Preise bei uns auf etwa 2 Pf. das Kubikmeter zu stehen kommt, wie aus der auf S. 254 gegebenen Tabelle hervorgeht. Doch lassen sich diese Preise mit jenen ersten nicht ohne weiteres in Vergleich bringen, da dem Wassergas noch nicht ganz halb soviel Verbrennungswärme (motorische Kraft) innewohnt, wie gewöhnlichem Leuchtgas, und weil letzteres zum Verkaufspreis und nicht zum Herstellungspreis in Rechnung gezogen ist.

Bei der Riedlerschen Uebersicht handelt es sich ausschließlich um kleinere Kraftmaschinen, wie sie bei der Kraftverteilung durch eine Centrale miteinander in Wetterwerb treten, also namentlich beim Betriebe der Maschinen im Kleingewerbe. Von stärkeren Kraftmaschinen können überhaupt nur noch die Gasmotoren in Frage kommen. Man baut zur Zeit Gaskraftmaschinen bereits von 120 bis 140 Pferdestärken, die mit Vorteil gleich starke Dampfmaschinen ersetzen, da sich ihr Preis bereits derartig verringert hat, daß er bloß die Hälfte derjenigen Kosten beträgt, welche für eine entsprechende Dampfmaschine mit Reservekessel, Dampfkesselgelände und Schornstein erwachsen. Außer der ökonomischen Ueberlegenheit zeigt der Gasmotor von gewissen Größen gegenüber der Dampfmaschine noch andere Vorzüge; berührt soll nur werden, daß mit Anwendung des Gases die Rauchbelästigungsfrage, welche in Städten eine Rolle spielt und Gegenstand fortwährender Reklamationen bildet, im Hinblick auf den Betrieb von Kraftmaschinen völlig gelöst erscheint.

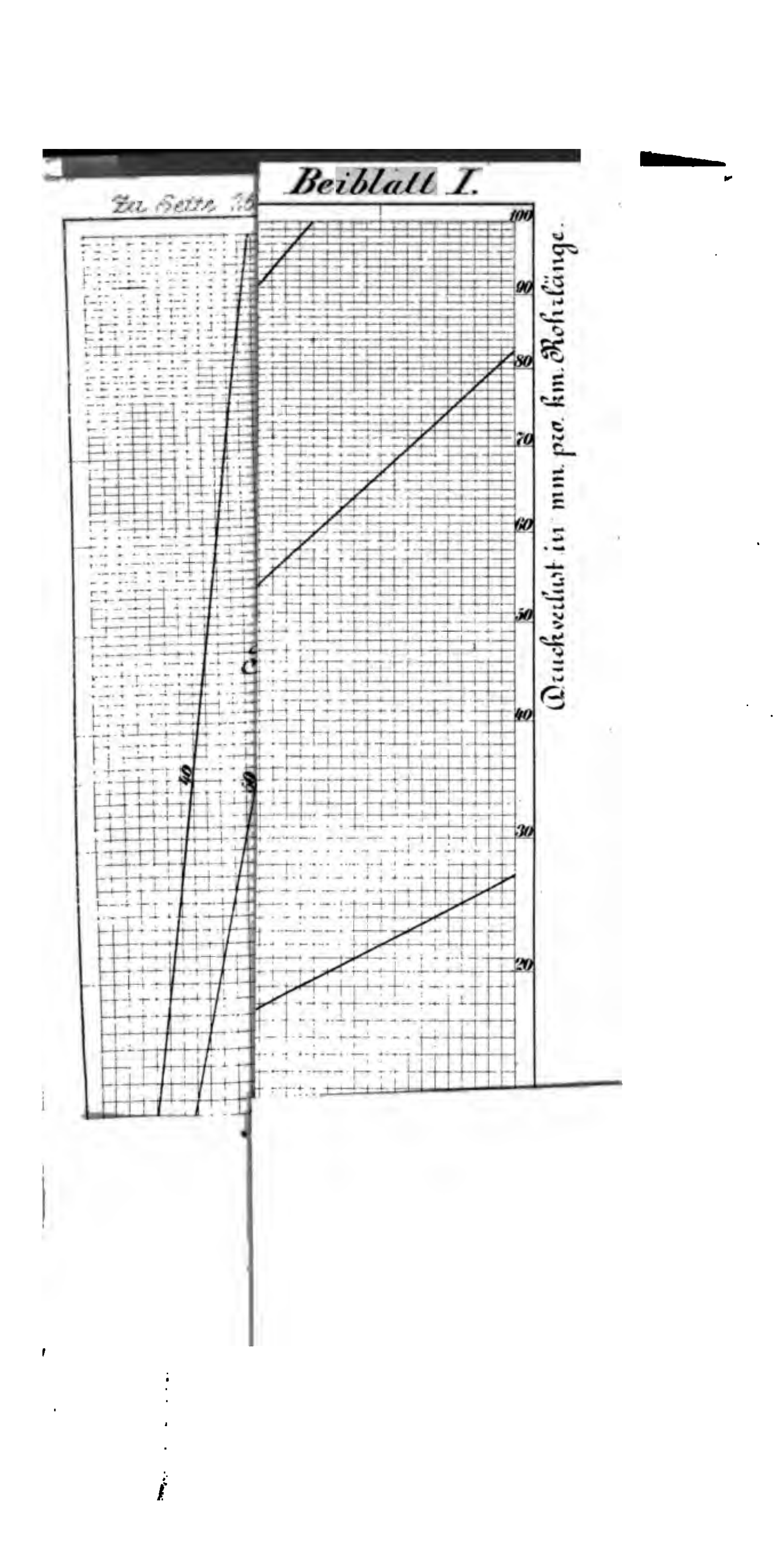
Größe des Motors in Pferdestärken	1/4		1/2		1		2		3		4		6	
Betriebsstunden	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
Dampf-Kleinmotor, Kohlenpreis 1,75 Mk. für 100 kg . Pf.	—	—	—	—	43	30	31	22,4	26,4	19,5	23,5	17,2	19	15
Gasmotor, bei einem Gaspreis von 12 Pf. für 1 cbm, insgesamt . . . . „	74,4	52	54	37	35	24,6	26,4	19,9	22,8	17,7	21,7	17	19,3	15,2
n Gas allein . . . . . . „	24		16,8		12		12		11,4		11,4		10,2	
ruckluftmotor, Preise der Kommandit-Gesellschaft A. Riedinger in Offenbach, insgesamt „	51,5	41,3	37	30,1	26,7	22,7	22,6	20	21	19	20,3	18	19	17,3
sten an Luft und Vorwärmung „	26,7		20,7		17,2		16,5		16,1		15,7		15	
lektromotor, Preise des Werkes der Stadt Berlin, insgesamt „	81	65,5	67	55,5	56	46	51,	40	49	37,4	—	—	—	—
Kosten des Stromes . . . . „	50		46		40		36		33,8		—		—	
Elektromotor, Preise des Werkes der Stadt Barmen, insgesamt „	125	111,5	96,5	90	87	82	79,2	76,2	75,5	73	—	—	—	—
Kosten des Stromes . . . . „	96		80		76		72		69,3		—		—	
Wassermotor*), bei einem Wasserpreis von 12 Pf. für 1 cbm, insgesamt . . . . „	88	101	82	90	76	82	72	75	—	—	—	—	—	—
An Wasser allein . . . . . „	72		72		70		67		—		—		—	

*) Angabe von Körte.

Berichtigungen.

Seite 13, Zeile 2 von unten, statt „hochgespannten“ lies „starken“.
„ 22, „ 13 „ „ „ „$1^{2}/_{10}$“ lies „$1^{7}/_{10}$“.
„ 33, „ 9 „ oben „ „S. 21“ lies „S. 23“.
„ 33, „ 7 „ unten „ „S. 12 u. 13“ lies „S. 14 u. 15“.
„ 34, „ 12 „ „ „ „S. 14 u. 17“ lies „S. 16 u. 19“.
„ 48, „ 14 „ „ „ „S. 42“ lies „S. 44“.
„ 63, „ 9 „ oben „ „S. 59“ lies „S. 61“.
„ 66, „ 22 „ unten „ „Fig. 15“ lies „Fig. 17“.
„ 76, „ 6 „ oben ist hinter „Kohlensäure“ einzuschalten „CO für Kohlenoxyd“.

Druck der Voigtschen Buchdruckerei in Weimar.



Zu Seite 16
Beiblatt I.
Druckverlust in mm pro km Rohrlänge.
100
90
80
70
60
50
40
30
20
40
30

Druck der Voigtschen Buchdruckerei in Weimar.





